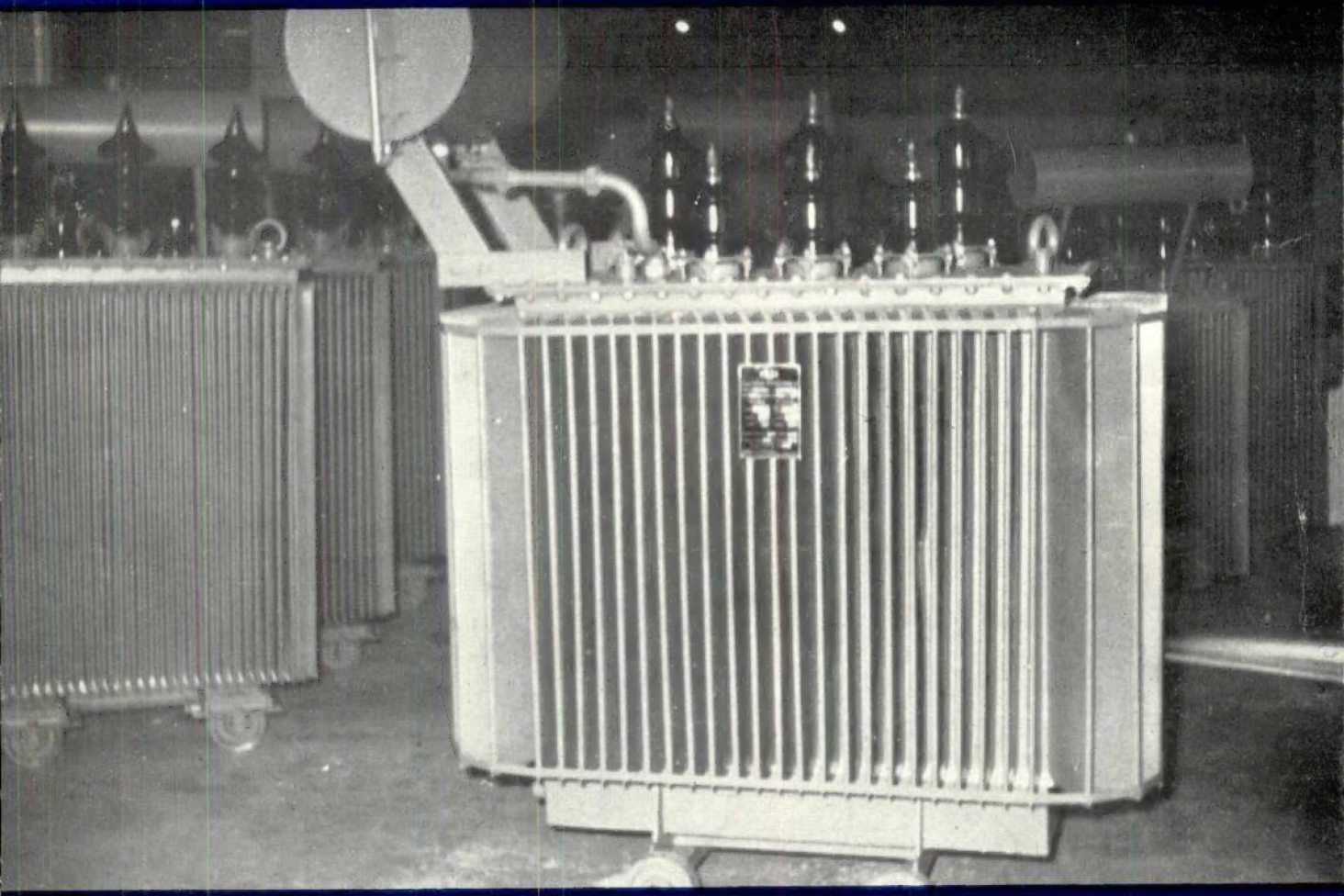
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 260 - MARÇO - 1956

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.°

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

✱

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

✱

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 260 Março de 1956

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA

ADMINISTRADOR

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

SECRETÁRIO

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

CORPO REDACTORIAL

EDUARDO ARANTES E OLIVEIRA

FERNANDO TIAGO SANCHES

RUI DO CARMO MOURA

JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA

★

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

★

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

★

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.da

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Transformador ENAE, licença Siemens-Schuckert, com núcleo de chapa de cristais orientados (hipersil), destinado à electrificação de Vendas Novas.

Tensões: Δ 30.000 ± 4 % / λ 6.000 V

Potência nominal: 190 kVA

Tipo rural (sobrecarga em regime permanente: 60 %)

Pág.

O estudo de estruturas sobre modelo em Portugal

Por Manuel Rocha 305

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** . . . . . 322 e 334

Ensaios de purificação de soluções contendo urânio por resinas permutadoras de iões

Por Carlos Moura Pulido e Maria Cristina Moreira de Almeida 323

O encastramento parcial no método de Cross

Pelo Eng.º Civil (I. S. T.) J. S. Brazão Farinha 329

O método de Kani para o cálculo de pórticos

Por Eduardo Romano Arantes e Oliveira 335

Do Mundo Técnico 346

Biblioteca 359

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XI
A. Gastetner, Ltd.ª XLIII
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXVII
António Baró IX
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XXXVII

B

Blackwood Hodge XXXV
Bonneville Oliveira XLII
Bouhon & Irmão, Ltd.ª IX

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XXVIII
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VI
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XXX
Companhia União Fabril XII
Construções Técnicas, Ltd.ª XXXVII
C. Santos, Ltd.ª . . . . . X e XXXVI

E

Edmond Dardel II
Edouard Dalphin . . . . . 4.ª da capa
Electro-Arco, Ltd.ª XLIV
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª . . . . . XXVI e XXXIII
Empresa Electro Cerâmica XII
ENAE XXI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . IV
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XIV

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXII
Fábrica Portugal XXXI
Fundição e Construção Mecânicas VI

G

Guedes & Santos Silva, Ltd. XLIII

H

Harker, Summer & C.ª, Ltd.ª XLII
Henry Wiggin VIII
Henriques & Castro, Ltd.ª IV
Horácio Alves XLIII

I

Pág.

Indústrias Portuguesas de Zinco . . IX
INEL XXV

J

J. E. Michaëlis de Vasconcellos (Eng.º) XXVI

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV
Lusalite XXIII

M

Mabor XLIII
Manil XXXIII
Mecâno-Civis, Ltd.ª XXIX
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XLII
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . . XIII e XXXVIII

N

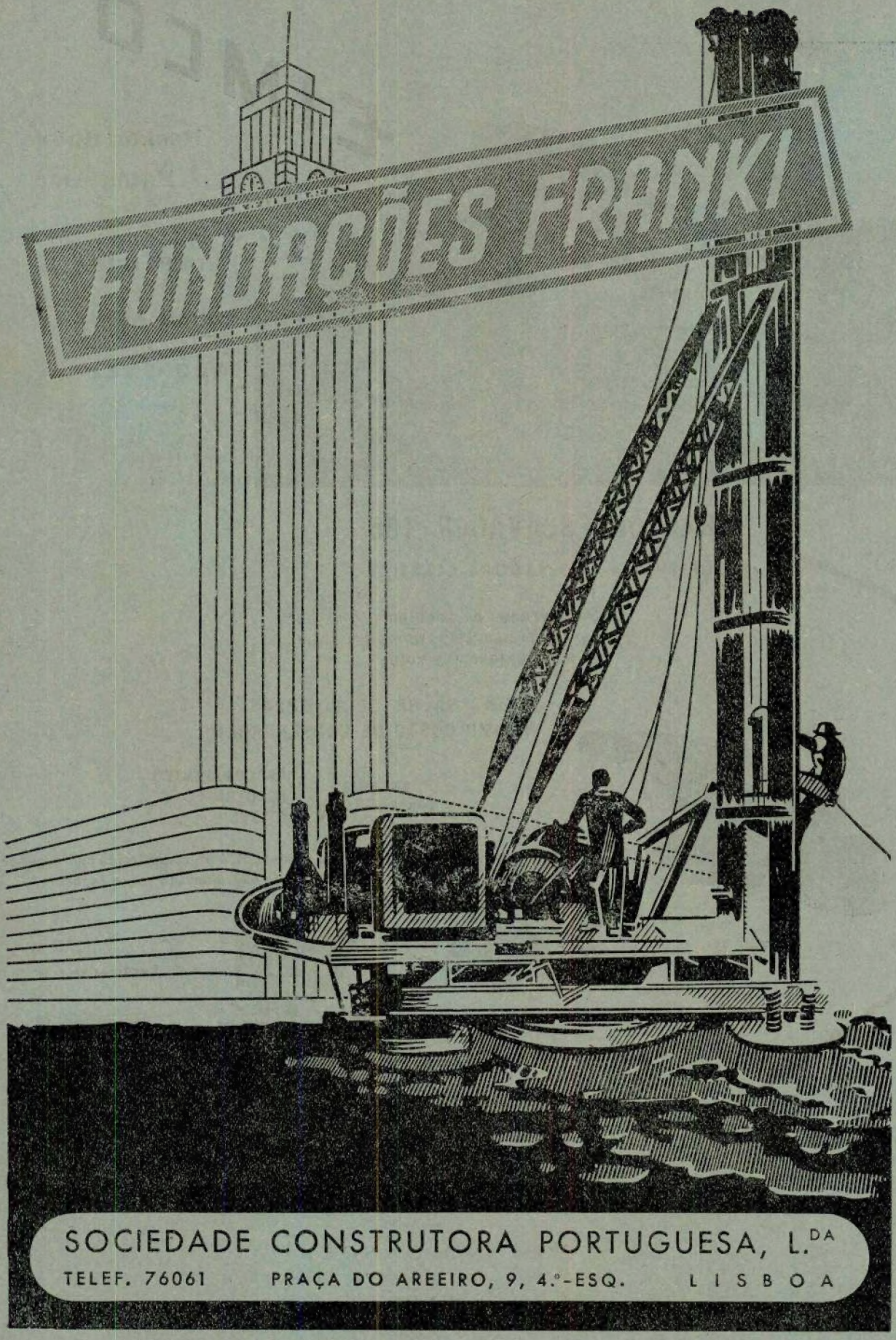
Nacional Rádio, Limitada XLIV

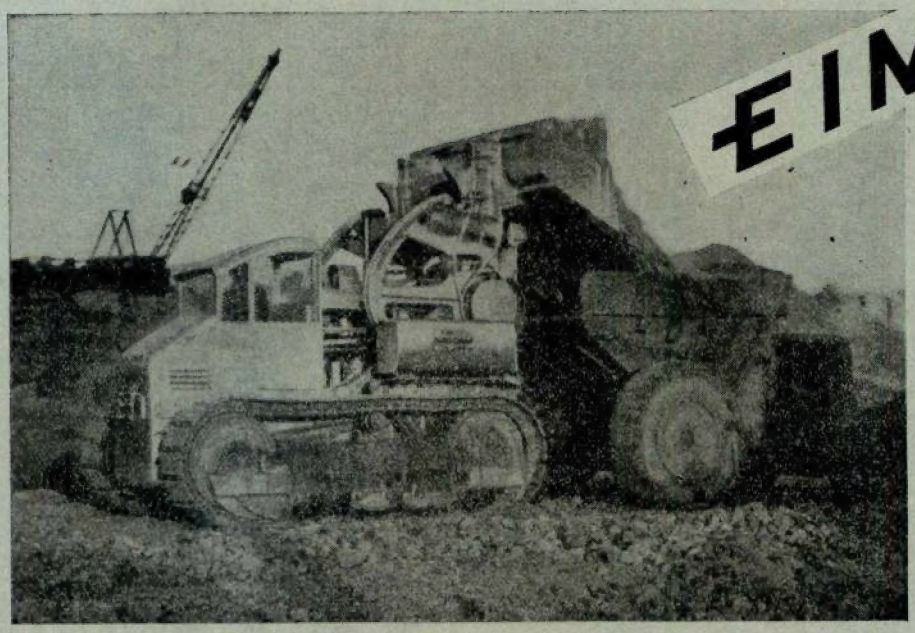
P

Papelaria Fernandes XXII
Pilkington Brothers, Limited XVIII
Pimentel & Cesquilho, Ltd.ª III

S

S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XIX
Siemens — Comp.ª de Electricidade VII
SKF XXIV
SMEIA . . . . . V e XL
Sociedade Comercial de Isolamentos de Cortiça, Ltd. XXIV
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª XXXIX
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XX
Sociedade Portuguesa Cavan . . . . 2.ª da capa
Socony-Vacuum Portuguesa XVI
Socotel XVII
SOFAI XLI
Sondagens Ródio, Ltd.ª IX
SOPECATE XII
Staedtler . . . . . 2.ª da capa
Standard Eléctrica XXXIV


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA



EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

TRACTOR ESCAVADOR 105

ATÉ AO

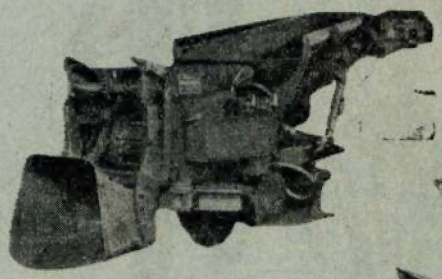
SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veiculo

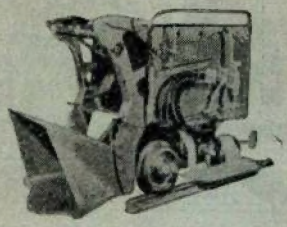
MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

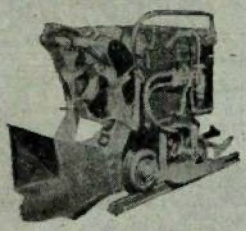
ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas



Modelo 40

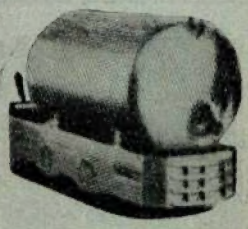


Modelo 21



Modelo 12 B

Locomotiva a ar



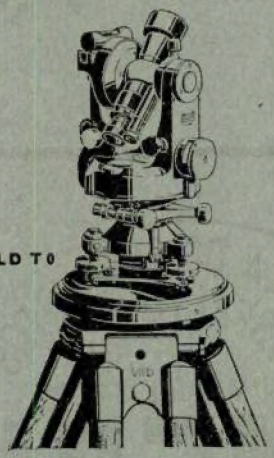
TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

•

AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL
Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA
Telef. 4 2289



WILD T0

INSTRUMENTOS DE
ALTO RENDIMENTO
PARA

TOPOGRAFIA
GEODESIA
FOTOGRAMETRIA
MICROSCOPIA
DESENHO

WILD
HEERBRUGG

A MARCA DE PRESTÍGIO INTERNACIONAL

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 • LISBOA
TELEFONE: 24314 • TELEGRAMAS: TECNA

APRESENTA EM TODO O MUNDO
UM PRODUTO À BASE DE CIMENTO

EMBELESADOR
PETRIFICANTE
HIDRÓFUGO

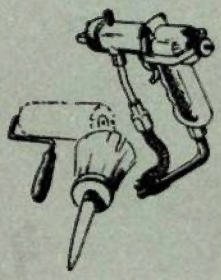
DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL E ULTRAMAR:

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

Av. Conde de Valbom, 96
LISBOA

Tele { gramas: HENRICASTRO
fones 77 50 57 - 77 50 58

APLICAÇÃO
FÁCIL



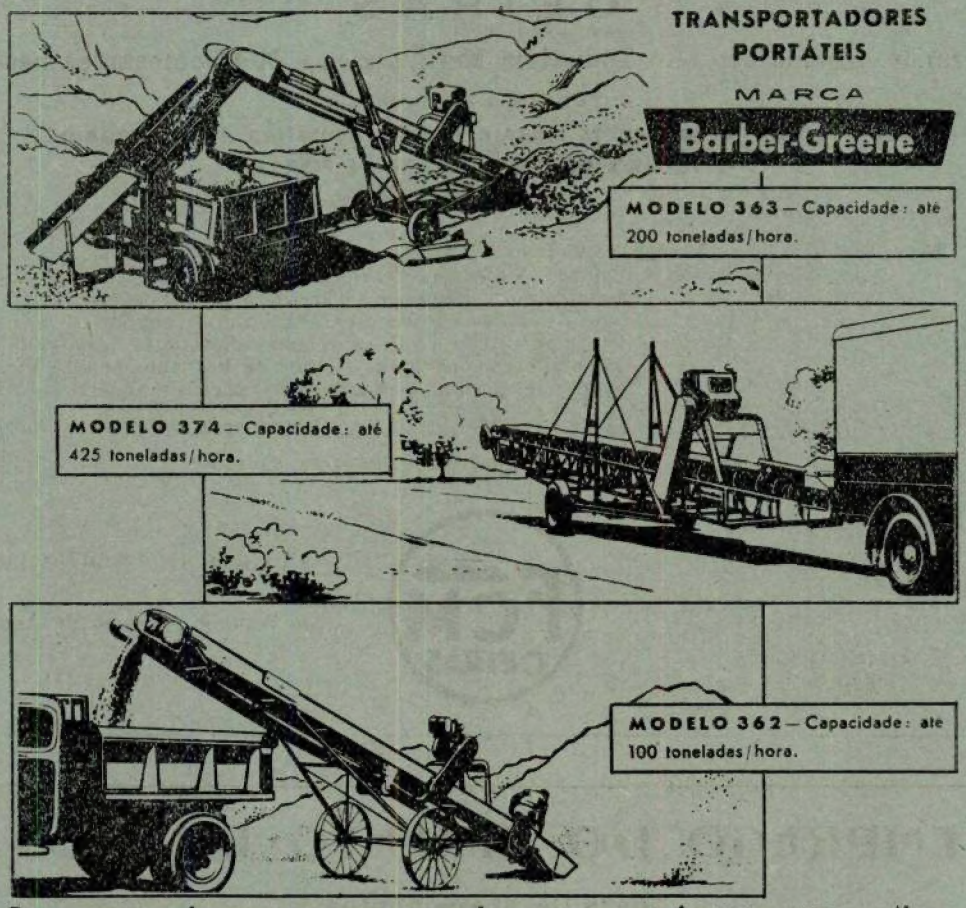
Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651
4 2156

TELEG. EPALDA—LISBOA



Transportam todos os materiais com rendimento que vai de 100 a 425 ton./hora

Os transportadores portáteis Barber-Greene oferecem o meio mais eficiente e económico para o transporte de: Areia, Pedra, Carvão, Cinza, Cimento, Produtos químicos, Sacos e Caixas.

Todos os transportadores portáteis Barber-Greene são destinados a serem rebocados por viaturas rápidas.

Para informação detalhada dirija-se ao representante exclusivo.

Barber-Greene Overseas, Inc.
Barber-Greene Company, Aurora, Ill., U.S.A.

BG

Barber-Greene Olding & Co., Ltd., England
Barber-Greene Canada, Ltd., Canada

REPRESENTANTE EXCLUSIVO:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSIRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8
LISBOA

Ad No. 54-104A—P.O.

FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem

OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS

Alguns artigos de série:

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc.

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

Vendas directas ao comércio da especialidade

Telefones:
Serviços 043 324 a 043 327
Administração 043 156
Secção Aquec. 4 1110 - 45301

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

SECÇÃO DE AQUECIMENTO

Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa

No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

A Siemens incumbe-se da elaboração de projectos completos para a construção civil, mecânica e eléctrica de centrais eléctricas.

Fabrica e fornece para estas instalações todo o equipamento eléctrico até às mais elevadas capacidades, incluindo turbo-geradores, aparelhagem de corte, cabos de A.T. e dispositivos de contrôle e protecção.

A Siemens é a fornecedora da Hidro-Eléctrica do Zêzere, S.A.R.L. para todo o equipamento eléctrico da sua central da barragem da Bouça.

FORÇA HIDRAULICA

Grupo hidráulico numa central de bombagem, para o accionamente de um gerador, motor e condensador síncrono

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT

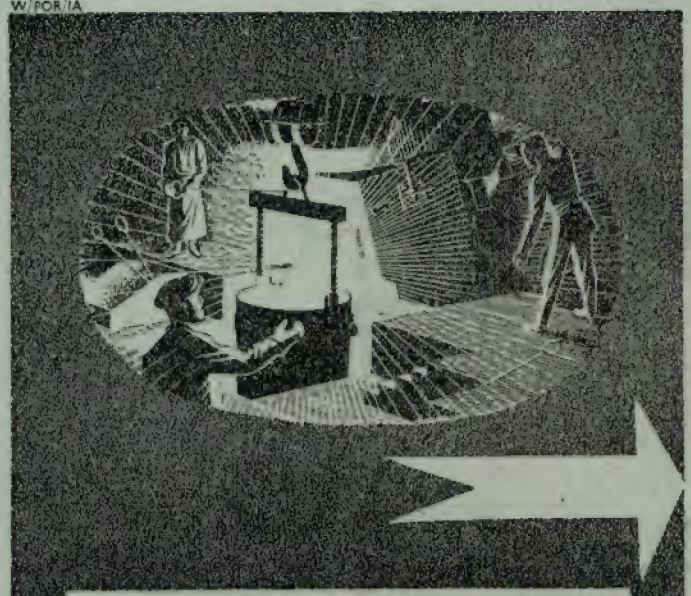
BERLIN-ERLANGEN

REPRESENTADAS EM PORTUGAL POR

SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE S.A.R.L.

LISBOA, R. AUGUSTA, 118-1º · PORTO, R. DAS CARMELITAS, 12

W/PORTA



Ligas de Niquel

WIGGIN

O estudo e fabrico de ligas não-ferrosas de alta qualidade, tem sido o nosso objectivo durante mais de um século. Os produtos "Wiggin", apresentados durante aquele periodo, foram concebidos para fins especificos, envolvendo condições de trabalho que não podem ser conseguidas com outros metais ou ligas.
Ligas resistentes ao calor e à corrosão, materiais para resistencias electricas e ligas de expansão controlada, encontram-se entre os produtos "Wiggin". Teremos grande prazer em fornecer todas as informações técnicas e recomendações sobre as suas propriedades, aplicações e fabrico.

HENRY WIGGIN

AND COMPANY LIMITED

WIGGIN STREET · BIRMINGHAM · 16

INGLATERRA

NIQUEL . . . em vários tipos e para diferentes condições de trabalho.

MONEL* . . . liga de niquel-cobre, possuindo excelente resistencia à corrosão, para uma extensa gama de condições de trabalho.

CORRONEL B . . . para resistir ao ácido cloridrico e aos cloretos mais corrosivos.

INCONEL . . . resistente à oxidação, a temperaturas elevadas e possuindo boas propriedades mecanicas a altas temperaturas.

BRIGHTRAY . . . série de ligas de niquel-cromio e niquel-cromio-ferro para resistencias electricas.

FERRY . . . liga de niquel-cobre propria para resistencias, cujas temperaturas de trabalho não excedam 300°C.

NILO . . . série de ligas cujo uso é recomendado sempre que coeficientes baixos e médios de expansão controlada sejam necessários.

NI-SPAN C . . . Liga de expansão controlada para molas de instrumentos de precisão.

METAIS TERMO-ELECTRICOS . . . permitindo uma grande variedade de graus de deflexão e resistividades electricas.

* Marca registada

HENRY WIGGIN

Agentes em Portugal:
Ahlers, Lindley, Lda
Rua do Ferregial de Baixo, 33-2º, Lisboa, C
Telefone Nº 21321/4.

e Palacio do Atlântico, 408
Praça D. João I, Porto
Telefone Nº 31414

TEMPERATURA, PRESSÃO E DÉBITOS
PARA VAPOR, ÁGUA, AR, ÓLEO E OUTROS FLUIDOS

BOUHON & IRMÃO, LTD.

EM LISBOA: Av. Júlio Diniz, 26, r/c Esq.
Telef.: 77 36 03, 77 86 85

NO PORTO: Rua Antero do Quental, 615
Telef. 4 0118 — 4 0119

MATERIAL ELÉCTRICO

para instalações de alta e baixa tensão

•

ESPECIALIDADES **GARDY:**

Corta-circuitos e cartuchos de alto poder de corte
Disjuntores para força motriz e iluminação
Disjuntores de calibres variáveis
Disjuntores MINIHUILLE, até 35 kV
Dispositivos de corte em carga para seccionadores, etc.

REPRESENTANTE:

ANTÓNIO BARÓ

Rua da Assunção, 99-2.º-Dt.º

LISBOA

I.P.Z.

ÓXIDO DE ZINCO "NEVADO"

PIGMENTO DE ALTA QUALIDADE
PARA TINTAS E ALVAIADES

FABRICADO POR:

INDÚSTRIAS PORTUGUESAS DE ZINCO
S. A. R. L.

CASTANHEIRA DO RIBATEJO

SONDAGENS RÓDIO, L.DA
LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º
Telefones: 2 8685 - 2 6865 ✦ Telegramas: SETANSOL

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

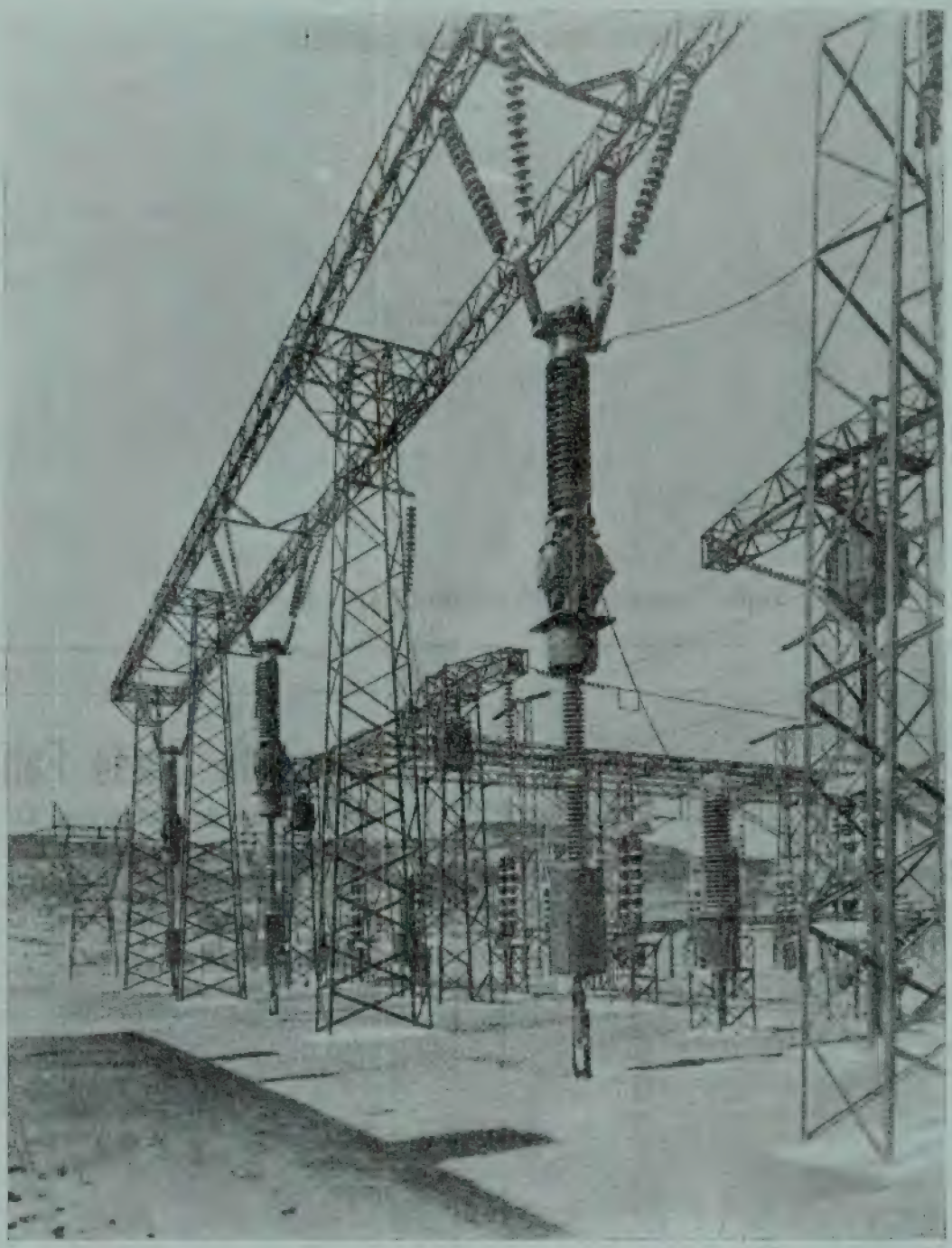
—//—

Sócio gerente: **Walter Weyermann**-Eng. civil

MOTORES DIESEL
MERCEDES-BENZ
MARÍTIMOS E INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA MAGNÍFICA ROBUSTEZ E GRANDE ECONOMIA, GARANTINDO UM ELEVADO RENDIMENTO E A MAIOR SEGURANÇA DE FUNCIONAMENTO
DE 20 A 2500 HP
REPRESENTANTES
C. SANTOS LDA.
DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA — TRAVESSA DA GLÓRIA, 17 — LISBOA

DELLE

Ateliers de Constructions Electriques de la Compagnie Générale d'Electricité



Disjuntor Ortojector suspenso 220 KV — 5.000 MVA.
Subestação de PRATCLAUX — França

DELEGADOS EM PORTUGAL

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Cortes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

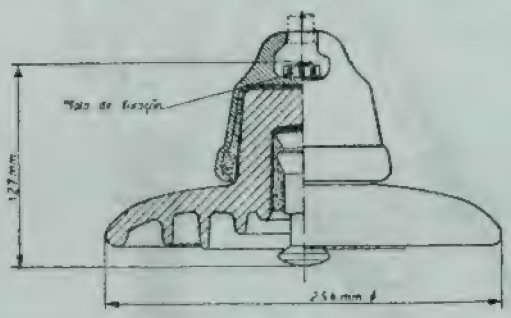
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Sociedade de Pesquisas, Captações de Agua e Transportes, L.da

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

PÁ CARREGADORA FRONTAL

De comandos hidráulicos

(Capacidade da pá = 1 ou 2 jardas cúbicas)

VENDER

COM ESCARIFICADOR TRASEIRO

Também comandado hidràulicamente

PARA EQUIPAR TRACTORES "VENDER"

Modelos **"BULLY"** e **"CHAMPION"**, respectivamente de 53,5 e 90 HP.

Queiram pedir informes sobre estas máquinas, bem assim toda a restante aparelhagem de movimentação de terras própria para os referidos tractores, aos

AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL, ANGOLA E MOÇAMBIQUE

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 (Alcântara) — LISBOA

Telef. 63708345

Sucursais e Agências em BEJA, PORTO, VILA FRANCA DE XIRA, ÉVORA, SANTARÉM, CASTELO BRANCO, LUANDA e LOURENÇO MARQUES

ESCAVADORAS

LINK-BELT

SPEEDER

CLAMSHELL K-360 (Capacidade 1 — 1/2 jd.³)

— **Modelos** desde 1/2 a 2 1/2 jardas cúbicas de capacidade.

— **Equipamentos frontais:** «dragline»; «clamshell»; guindaste; bate-estacas; retro-escavadora e escavadora pròpriamente dita.

— **Comandos hidráulicos** Speed-o-Matic, patente da Link-Belt Speeder.

— **Montagens possíveis:**

LAGARTAS

CHASSIS SOBRE PNEUS

CAMIONS

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS
PARA A METRÓPOLE E ULTRAMAR

ESTABELECIMENTOS HEROLD, L.DA

RUA DOS DOURADORES, 7

LISBOA

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

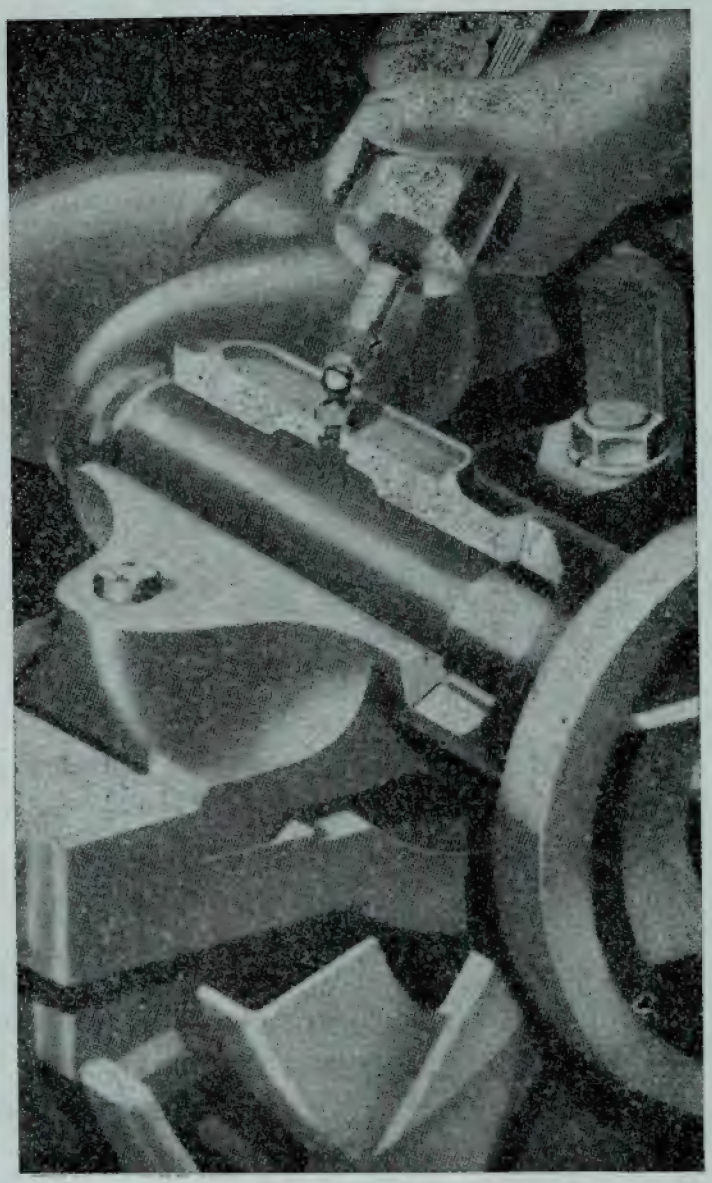
THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico

Uma arma contra o desgaste



A primeira vista pode parecer muito fácil proteger esta chumaceira de um moderno tear rápido, contra o desgaste basta aplicar a massa lubrificante a intervalos regulares Mas isso é apenas o começo do problema

Hora após hora, a película de massa protectora sofre vibrações e está sujeita a pressões permanentes. Se a massa lubrificante não for adequada, a película pode tornar-se demasiadamente fina e romper-se, ou mesmo desaparecer antes da aplicação seguinte

Isso significa contacto de metal contra metal, fricção, perda de potência e perigo de desgaste

O que se passa com chumaceiras deste tipo sucede anàlogamente em todos os mecanismos em que haja peças em contacto

A Mobil Oil dispõe de um lubrificante para cada caso estudado para dar protecção permanente e eficaz

Z744

Lubrificantes

Mobil

MOBIL OIL PORTUGUESA

TÉCNICA

DIRECTOR: JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA ADMINISTRADOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
SECRETÁRIO — CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
CORPO REDACTORIAL — EDUARDO DE ARANTES E OLIVEIRA, FERNANDO TIAGO SANCHES, JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA E RUI DO CARMO MOURA

Ano XXXI - N.º 260 Março de 1956

C. D. U.: 624.04.001.57 (469)

O ESTUDO DE ESTRUTURAS SOBRE MODELO EM PORTUGAL

POR MANUEL ROCHA

Director, interino, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1 — INTRODUÇÃO

O homem, na sua luta permanente para melhorar as condições de vida, tem sempre deparado com a dificuldade de previsão do comportamento que virão a apresentar as soluções que imagina para os seus problemas. Tal resulta, quer da ignorância ou da precisão insuficiente das leis que regem esse comportamento, quer da insuficiência do património de conhecimentos empíricos acumulados. Com o vertiginoso progresso técnico actual, que exige o esclarecimento de problemas dos mais variados sectores, e a crescente preocupação de economia posta em todas as realizações, sente-se cada vez mais acentuadamente a insuficiência dos nossos meios de previsão.

Além do recurso às leis que regem os fenómenos e ao repositório de resultados empíricos, a previsão do comportamento dos sistemas materiais pode fazer-se por um outro meio com largas possibilidades: a utilização de modelos.

Porém, enquanto uma teoria permite, pela sua própria natureza, prever o comportamento de todos os fenómenos de um dado domínio — o da sua validade — os modelos só nos permitem prever o comportamento de casos isolados. Além disso os estudos sobre modelo exigem meios materiais por vezes muito importantes.

Quanto à previsão do comportamento das estruturas **, a experiência que temos acumulado com a observação das próprias obras e com estudos sobre modelo permite-nos afirmar que, sem dúvida, as teorias à nossa disposição são muitas vezes insuficientes (1)***.

Essa insuficiência resulta sobretudo, da dificuldade com que lutam a Resistência de Materiais e a Mecânica dos Solos para ter em consideração as formas complexas das construções, que ocorrem com tanta frequência, e as propriedades reais dos materiais de construção em relação às quais essas disciplinas são obrigadas a adoptar esquemas excessivamente simplificados.

Esta situação, associada aos notáveis progressos alcançados nos últimos anos pelas técnicas de estudos de estruturas sobre modelo, impõe que seja feita larga utilização do método experimental de dimensionamento.

No nosso País é admitido que o dimensionamento de uma estrutura seja feito a partir de um estudo sobre modelo, não se exigindo que se rebusque uma justificação teórica para confirmação dos seus resultados. Evidentemente que os modelos, dada a fidelidade com que podem reproduzir o funcionamento real das estruturas, constituem um instrumento de investigação muito fecundo para o aperfeiçoamento e criação de métodos de cálculo. Note-se, contudo, que o facto dos modelos nos revelarem a real complexidade

* Relato apresentado a pedido da «Academia Nazionale dei Lincei» ao congresso sobre «Os modelos na técnica», Veneza, Outubro 1955.

** Designamos por estrutura a parte de uma construção com função resistente, qualquer que seja a natureza dos materiais em jogo.

*** Ver bibliografia no fim do texto.

do comportamento das estruturas nos tira muitas vezes a coragem para estabelecer esquemas de funcionamento com a necessária simplicidade para poderem ser tratados analìticamente: como se tem constatado no desenvolvimento de diversas ciências, é muitas vezes inconveniente para a teorização dos conhecimentos dispor de informações muito minuciosas! Claro que o essencial no abrandamento do esforço para o desenvolvimento de métodos de cálculo é o facto de hoje se dispor de técnicas que permitem encarar o dimensionamento experimental como um método de rotina de dimensionamento de estruturas.

Para empreender o dimensionamento experimental das estruturas é necessário dispor de laboratórios especialmente equipados, organizados de modo a fornecerem resultados que inspirem toda a confiança e dentro de prazos compatíveis com os prazos habitualmente impostos à elaboração dos projectos. Só é possível manter tais laboratórios, quer por razões de preparação do pessoal quer por razões económicas, desde que lhe esteja assegurada uma actividade permanente. A nossa própria experiência e a observação de casos alheios mostra-nos que, quando se pretende desenvolver as técnicas e preparar o pessoal no momento em que surge a necessidade de empreender um estudo sobre modelo, não é possível conduzi-lo em condições satisfatórias.

O dimensionamento experimental levanta o problema legal da qualidade que deve ser exigida a quem o realiza, uma vez que, ao contrário dos métodos analíticos, não é por via de regra económico, nem muitas vezes possível, empreender a verificação dos resultados obtidos. Reconhece-se no nosso País que o dimensionamento experimental tem de ser realizado ou confirmado por um laboratório oficial desde que os aspectos esclarecidos pelo modelo sejam importantes para a segurança da obra.

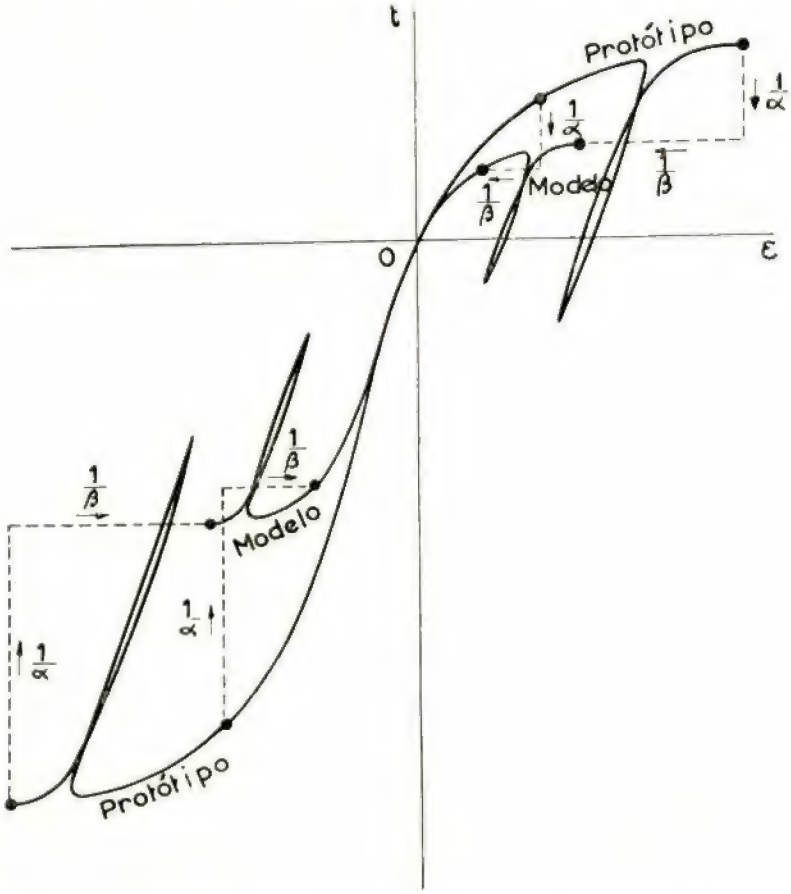


Fig. 1 — Diagramas de compressão e de tracção para os materiais do protótipo e do modelo

2 — CONDIÇÕES DE SEMELHANÇA

São bem conhecidas as condições exigidas pela semelhança mecânica quando se trata de protótipos em deformação elástica. Basta na maior parte dos casos construir os modelos com materiais elásticos possuindo módulos de elasticidade a uma escala qualquer, e aplicar-lhes solicitações homólogas também a uma escala que pode ser escolhida arbitràriamente. Em certos equilíbrios a 3 dimensões, como por exemplo barragens abóbada (2), temos contudo reconhecido a necessidade de respeitar a condição de igualdade dos coeficientes de Poisson dos materiais homólogos do modelo e do protótipo.

Nos últimos anos temo-nos ocupado das condições de semelhança a que devem obedecer os modelos quando se trata de protótipos submetidos a deformações não elásticas, qualquer que seja a natureza dos materiais (aço, betão, solos, rochas, etc.) (1) (3). Vamos apresentar muito sumàriamente os resultados essenciais.

Designemos por ε_p as extensões sofridas por um paralelipípedo do material do protótipo quando submetido a um estado de tensão qualquer t_p. O material homólogo do modelo tem de ser tal que se um paralelipípedo for submetido a tensões homólogas de grandeza $t_m = \frac{1}{\alpha} t_p$

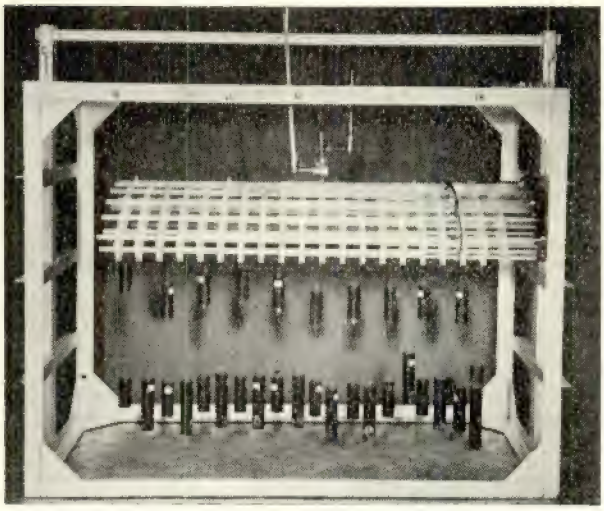


Fig. 2 — Modelo de perspex, à escala de 1/50, da estrutura de betão armado de um edifício de 20 andares, de planta circular. O modelo está rodado de 90° para determinar o efeito do vento, o qual é reproduzido por meio de pesos

Fig. 3 — Modelo de gesso de uma ponte de arcos múltiplos (figura reproduzida da publicação n.º 5)

sofra extensões $\varepsilon_m = \frac{1}{\beta} \varepsilon_p$, sendo $\frac{1}{\alpha}$ e $\frac{1}{\beta}$ constantes. Esta condição deve verificar-se para qualquer estado de tensão t_p. No entanto, como é óbvio, basta constatar se ela é respeitada para estados de tensão representativos dos que se desenvolverão no equilíbrio a estudar.

Assim, em muitos casos, bastará investigar a existência das escalas $\frac{1}{\alpha}$ e $\frac{1}{\beta}$ para solicitações de tracção ou compressão simples. Então, se o diagrama do ensaio de tracção e compressão do material do protótipo for o indicado na fig. 1, o material do modelo tem de possuir um diagrama tal que se possa obter do anterior multiplicando as ordenadas deste por $\frac{1}{\alpha}$ e as abcissas por $\frac{1}{\beta}$.

Desde que para os materiais do modelo existam as escalas $\frac{1}{\alpha}$ e $\frac{1}{\beta}$, se o modelo for submetido a forças homólogas de grandeza à escala $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$ as tensões, as extensões e os deslocamentos desenvolvidos no modelo estão às escalas, respectivamente, $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$ e $\frac{1}{\lambda \beta}$, sendo $\frac{1}{\lambda}$ a escala geométrica do modelo.

Quando se tiver de ter em consideração a existência de deformações função do tempo o material do modelo deve satisfazer à condição atrás enunciada em instantes a uma certa escala de tempos.

No caso de grandes deformações a semelhança só se mantém se a escala das extensões for igual à unidade, $\frac{1}{\beta} = 1$.

Nos problemas do equilíbrio de solos em que haja necessidade de ter em consideração as forças de percolação resultantes do movimento da fase líquida através da fase sólida, a relação $\frac{1}{\mu}$ entre as permeabilidades em pontos homólogos do modelo e do protótipo deve satisfazer à condição $\frac{1}{\mu} = \frac{\alpha \tau}{\lambda^2 \beta}$, designando por $\frac{1}{\tau}$ a escala dos tempos.

No equilíbrio de maciços é muitas vezes indispensável a consideração do peso próprio. Então a escala das tensões terá de tomar o valor $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{1}{\rho}$, designando por $\frac{1}{\rho}$ a escala dos pesos específicos das duas fases, donde resulta para a escala das permeabilidades o valor $\frac{1}{\mu} = \frac{\rho \tau}{\lambda \beta}$. Além disso é necessário ainda satisfazer à condição de igualdade das porosidades em pontos homólogos.

No trabalho referido em (3) são apresentadas as condições de semelhança para os casos particulares de equilíbrios de maciços com mais importância prática.

Desejamos frisar que se dispõe actualmente do conhecimento das leis gerais de semelhança a que devem satisfazer os modelos para o estudo de estruturas qualquer que seja a natureza dos materiais e o seu estado de deformação.

Também foram estudadas as condições de semelhança no caso de se ter em consideração a dispersão das propriedades dos materiais (4). Essas condições visam definir o comportamento estatístico de um protótipo a partir do conhecimento estatístico do comportamento de modelos constituídos pelo mesmo material do protótipo. Foram estabelecidas as condições correspondentes aos diferentes tipos de ruina de uma estrutura: por rotura frágil, por rotura dúctil e por deformação.

3 — TÉCNICAS DOS ESTUDOS SOBRE MODELO

Vamos apresentar, muito sumàriamente, os aspectos mais típicos das técnicas e da orientação seguidas entre nós no dimensionamento experimental de estruturas. (1) (4)

a) *Escalas*

A fim de garantir a rapidez e a economia do dimensionamento experimental, reconhece-se da maior importância que a escala dos modelos seja tão pequena quanto possível. Para fixar a escala mínima a adoptar deve ter-se em conta:

— as peças de menores dimensões a reproduzir no modelo, as quais não devem ser tão pequenas que seja difícil a sua construção e observação. Deve notar-se que em geral é possível simplificar as formas do protótipo quer omitindo pormenores quer substituindo certas peças por outras com a deformabilidade conveniente;

Fig. 4 — Modelo de gesso e diatomite, à escala de 1/200, da barragem de Bouçã, barragem abóbada de 65 m de altura

— a precisão com que pode ser realizado o sistema de aplicação de cargas ou de outras solicitações;

— a precisão, as dimensões e o modo de colocação da aparelhagem de medição, especialmente o comprimento das bases de medida dos extensómetros em face dos gradientes de deformação que se prevejam.

b) *Materiais*

No dimensionamento experimental as dificuldades que ocorrem actualmente com mais frequência dizem respeito aos materiais a usar na construção dos modelos. Antes do aparecimento dos extensómetros eléctricos as maiores dificuldades ocorriam na medição de deformações.

As condições a que devem obedecer os materiais são as seguintes:

— ter as propriedades mecânicas exigidas pela semelhança mecânica as quais não devem ser apreciàvelmente afectadas pelas variações da temperatura e humidade ambientes;
— ser fàcilmente trabalhados e ligados;
— ter a deformabilidade necessária para que, sob a acção de solicitações de intensidade fàcilmente realizável, se atinja a precisão exigida para a medição de deslocamentos e deformações;
— permitir fàcilmente a aplicação da aparelhagem necessária às medições;
— ser económicos.

Quando o protótipo é considerado em equilíbrio elástico, os materiais que são habitualmente usados na construção dos modelos são os plásticos perspex (fig. 2) e plexiglas, constituídos pelo polimetacrilato de metilo, o celuloide, o gesso (fig. 3) e as misturas de gesso com diatomite (fig. 4). Quando, em virtude da pequena intensidade das solicitações que se podem aplicar aos modelos, se tem de recorrer a materiais com módulo de elasticidade muito baixo, têm sido usados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil os plásticos alkathene (fig. 5) e marco.

Quando se trata de equilíbrios elásticos a 3 dimensões os plásticos apresentam dum modo geral o inconveniente de possuirem um coeficiente de Poisson bastante superior ao dos materiais de construção correntes, especialmente ao do betão. Em tais casos usamos o gesso e as misturas de gesso e diatomite. Estes materiais apresentam a grande vantagem de serem muito fàcilmente moldados e de serem económicos, mas têm o inconveniente de resistirem mal a tensões de tracção. Este inconveniente é sobretudo grave nos casos em que se possa produzir uma fissuração do modelo que não salte à vista mas que no entanto provoque uma redistribuição importante do estado de tensão.

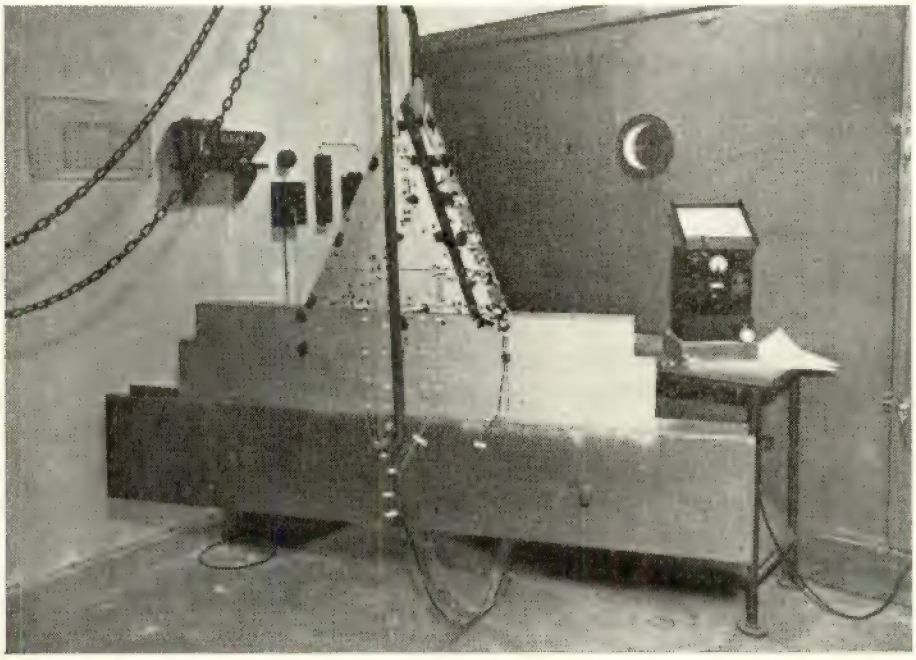


Fig. 5 — Modelo de «alkathene» de um contraforte de uma barragem de contrafortes com 123 m de altura. Montado para a determinação do efeito do peso próprio por inversão do modelo

Deve notar-se que todos os materiais que

temos mencionado apresentam uma fluência acentuada. Como, porém, apresentam um módulo de elasticidade função do tempo basta ter em consideração o valor do módulo correspondente à duração da carga aplicada no modelo (fig. 6).

Quando se pretende estudar em modelo o comportamento de um protótipo no qual se tem

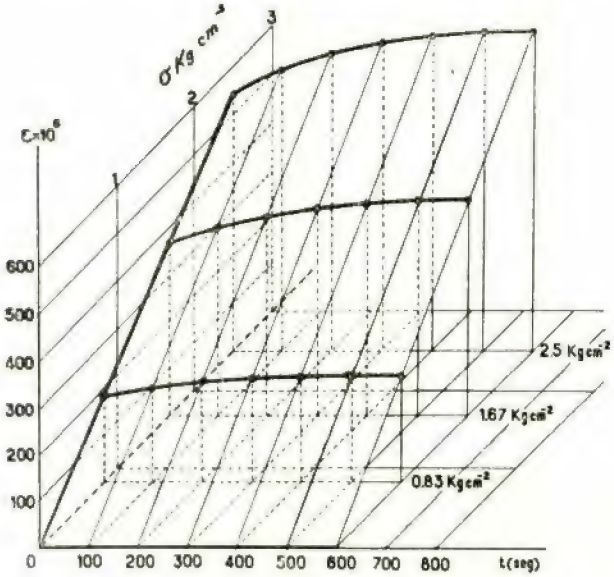


Fig. 6 — Superfície de fluência do «alkathene» à temperatura ambiente. As linhas rectas resultantes da intercepção da superfície por planos normais ao eixo dos tempos mostram a existência de um módulo de elasticidade função do tempo

de tomar em consideração propriedades mecânicas complexas, tais como relações não lineares entre tensões e deformações, deformações não reversíveis e fluência, encaramos em primeiro lugar a possibilidade de construir o modelo com os mesmos materiais do protótipo. No estudo de construções metálicas (fig. 7) e de alguns problemas de mecânica de solos temos procedido deste modo (5) (fig. 8).

Contudo, não é muitas vezes possível usar na construção dos modelos os materiais dos protótipos. Assim, no caso das estruturas de betão armado a dificuldade surge muitas vezes do facto do inerte ter dimensões demasiado grandes. Nas estruturas metálicas e de betão armado temos por vezes tido dificuldade em encontrar no mercado perfis, chapas e varões com as dimensões necessárias e com as mesmas propriedades do aço usado na construção. Por esta razão fomos obrigados a fabricar perfis, a partir de chapas laminadas até à espessura conveniente, para a construção de modelos de torres para linhas de alta tensão (fig. 9).

Como se viu no artigo anterior é contudo possível usar modelos construídos com materiais diferentes dos do protótipo. Assim para estruturas de betão é fácil encontrar argamassas que satisfaçam às condições apontadas (fig. 10).

Para verificar a homogeneidade dos modelos, em especial no caso de modelos moldados com

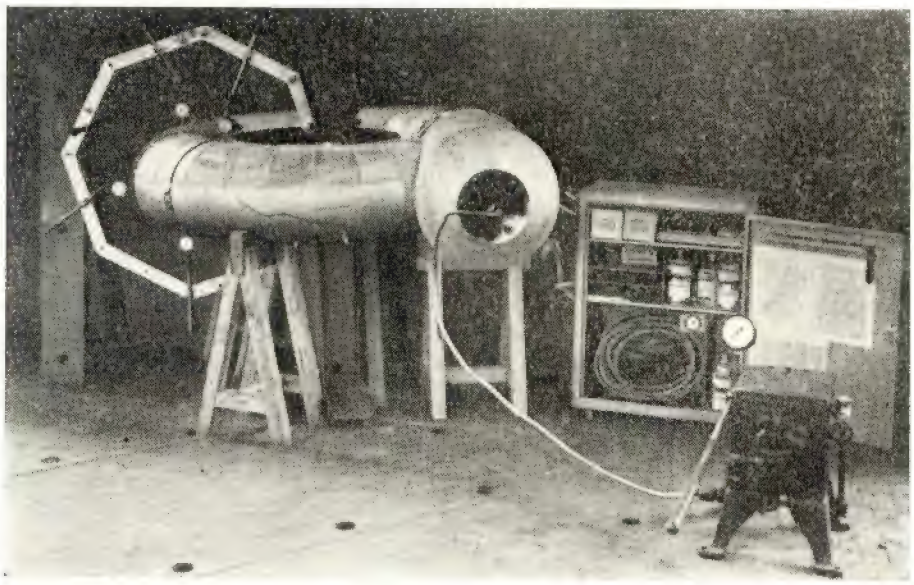


Fig. 7 — Determinação das isóstáticas no modelo duma evoluta duma turbina Francis pelo método dos vernizes frágeis

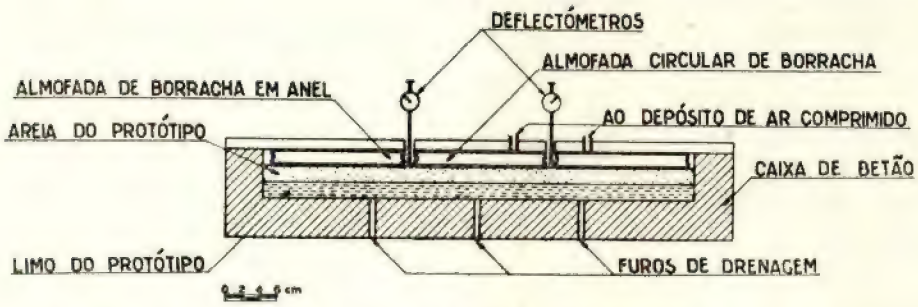


Fig. 8 — Secção transversal de um modelo para o estudo das fundações de tanques de armazenagem de combustível

gesso, argamassa e plásticos, é muito útil a medição da velocidade de propagação de ultrasons em diversas regiões. (6)

c) *Aplicação da carga*

Seguimos as técnicas habituais na aplicação de solicitações aos modelos.

No estudo do comportamento elástico de modelos de barragens a pressão hidrostática é geralmente aplicada com mercúrio. Com a preocupação de reduzir o tempo de secagem dos modelos de gesso temos construído alguns modelos com dimensões muito reduzidas os quais exigem um sistema de macacos para reprodução da pressão hidrostática. O tempo necessário para a construção deste sistema e o seu custo levam-nos contudo a preferir o mercúrio.

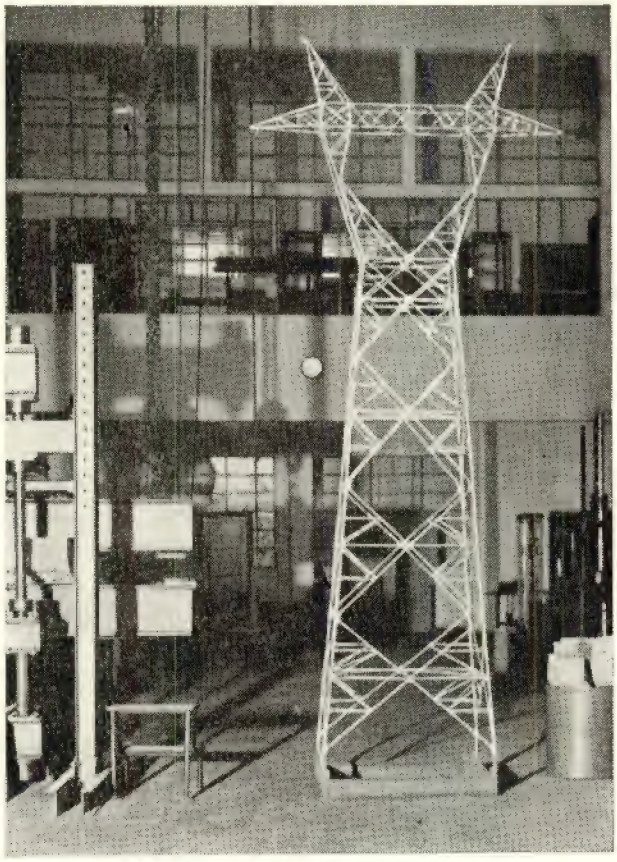


Fig. 9 — Modelo de aço, à escala de 1/6, de uma torre com 33 m de altura, para linhas eléctricas de alta tensão

Para o estudo do efeito do peso próprio temos usado modelos de alkathene nos quais se determina o estado de tensão provocado pela inversão do modelo. A precisão dos resultados não tem sido completamente satisfatória.

d) *Medição de deslocamentos e deformações*

A medição de deslocamentos dos modelos é feita em geral com deflectómetros de $^1/100$ mm. Para a medição de deslocamentos muito pequenos temos por vezes usado deflectómetros de $^1/1000$ mm. Estes aparelhos exigem cuidados especiais de montagem, devendo ser postos de parte os que exigem forças importantes para funcionarem. Temos obtido resultados satisfatórios com deflectómetros do tipo Johansson.

Após termos usado extensómetros mecânicos (7) e acústicos, actualmente só nos servimos no Laboratório Nacional de Engenharia Civil de extensómetros eléctricos (8) os quais apresentam numerosas vantagens: dimensões e peso reduzidos, montagem fácil, são observáveis a distância, as bases de medida podem ter sòmente alguns milímetros, e a precisão das medidas é perfeitamente satisfatória. Só temos encontrado dificuldades nas medidas ao longo de intervalos de tempo importantes. Quando é necessário empreender tal tipo de observações preferimos usar extensómetros de corda vibrante. (8)

Os extensómetros eléctricos também podem

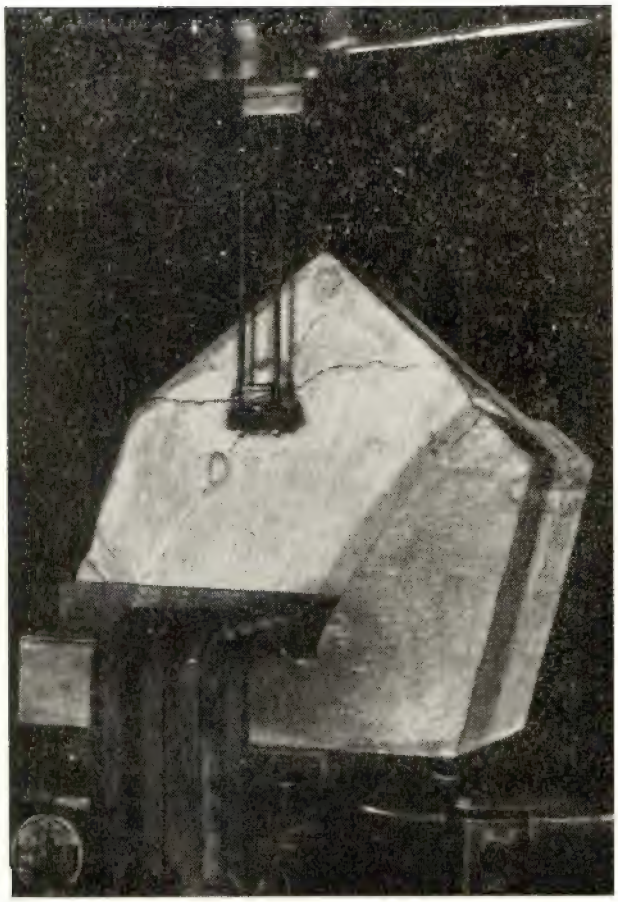


Fig. 10 — Modelo de argamassa armada, à escala de 1/50, de um muro guia de um descarregador de barragem. Ensaiado, até à rotura, sob a acção das reacções de apoio das comportas

ser usados para a medição de deformações no interior dos modelos constituídos por materiais moldáveis (fig. 11).

O aparecimento dos extensómetros eléctricos alargou muito consideràvelmente as possibilidades de dimensionamento experimental de estruturas.

Na publicação (4) são descritos extensómetros mecânicos e aparelhos para medição de curvaturas e ângulos de tensão, os quais têm sido largamente usados pelo seu autor.

e) *Uso de vernizes frágeis*

Para determinar o estado de tensão num modelo começamos geralmente por determinar as isostáticas com vernizes frágeis. (10) O ensaio é muito simples e tem a grande virtude de fornecer um panorama geral do estado de tensão e de permitir a redução do número de observações com extensómetros, que são demorados e dispendiosos, em virtude de dar a conhecer as direcções das tensões principais. Na fig. 7 vê-se o equipamento que usamos para aplicação dos vernizes stress-coat; no modelo da evoluta podem distinguir-se as isostáticas que foram avivadas.

No estudo de modelos de barragens em que a pressão hidrostática é exercida por meio de mercúrio o estado de tensão é variável à medida que sobe o nível do mercúrio, o que obrigou ao desenvolvimento de uma técnica especial. (10) Para obter as isostáticas do paramento de jusante correspondentes a um certo nível, o modelo é prèviamente pintado com um verniz que não fenda até o mercúrio atingir esse nível e depois aplica-se um jacto de neve carbónica que provoca a fendilhação do verniz (fig. 12). Para obter a outra família de isostáticas do paramento de jusante e uma das famílias do paramento de montante, o modelo é carregado após a pintura com o verniz mas antes de se dar a evaporação do dissolvente; depois da secagem (sob carga) o modelo é descarregado e aplica-se o jacto de neve carbónica sobre os dois paramentos.

f) *Método fotoelástico*

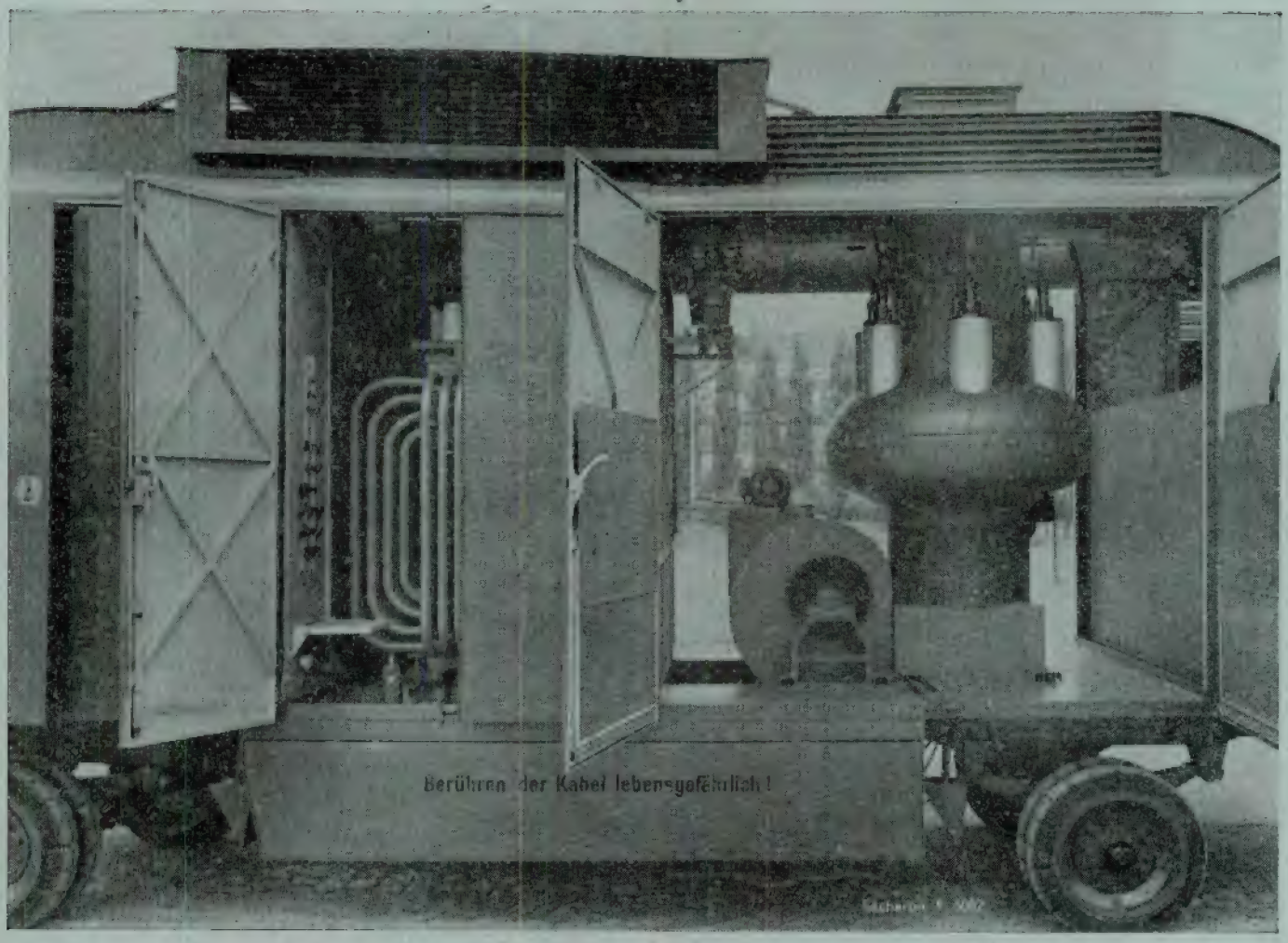
Paro o estudo dos estados de tensão elásticos planos usamos o método fotoelástico (11) (fig. 13).

Comparada com o método geral de determinação de tensões com extensómetros, o método fotoelástico tem a vantagem de ser mais rápido e económico e também de se obter em geral, maior precisão. No caso do estudo de concentração de tensões elevadas, o método fotoelástico tem-se mostrado muito conveniente pois que o uso de extensómetros em tal caso exigiria o uso de modelos com grandes dimensões. O método fotoelástico tem a vantagem de permitir fazer observações em toda a superfície indicando-nos imediatamente as regiões com tensões mais elevadas.

Foram feitos alguns estudos sobre as possibilidades da fotoelasticidade no estudo dos equilíbrios a 3 dimensões. (12) Pensamos que, apesar dos progressos conseguidos nos últimos anos, não tem interesse prático para os estudos de estruturas. Nos casos, muito pouco frequentes, em que seja necessário determinar tensões em pontos do interior julgamos preferível a utilização de extensómetros eléctricos (alínea d).

SECHERON

GENEBRA



Serviço de Electricidade da Cidade de Zürich. Sub-estação móvel de socorro para alimentação da rede de carros eléctricos, montada sobre um reboque e equipada com um rectificador de vapor de mercúrio e gás raro, de cuva metálica sem bombas de vácuo e refrigeração por ar, para 1000 A, 600 V contínuos

ALTERNADORES
TRANSFORMADORES
SOLDADURA

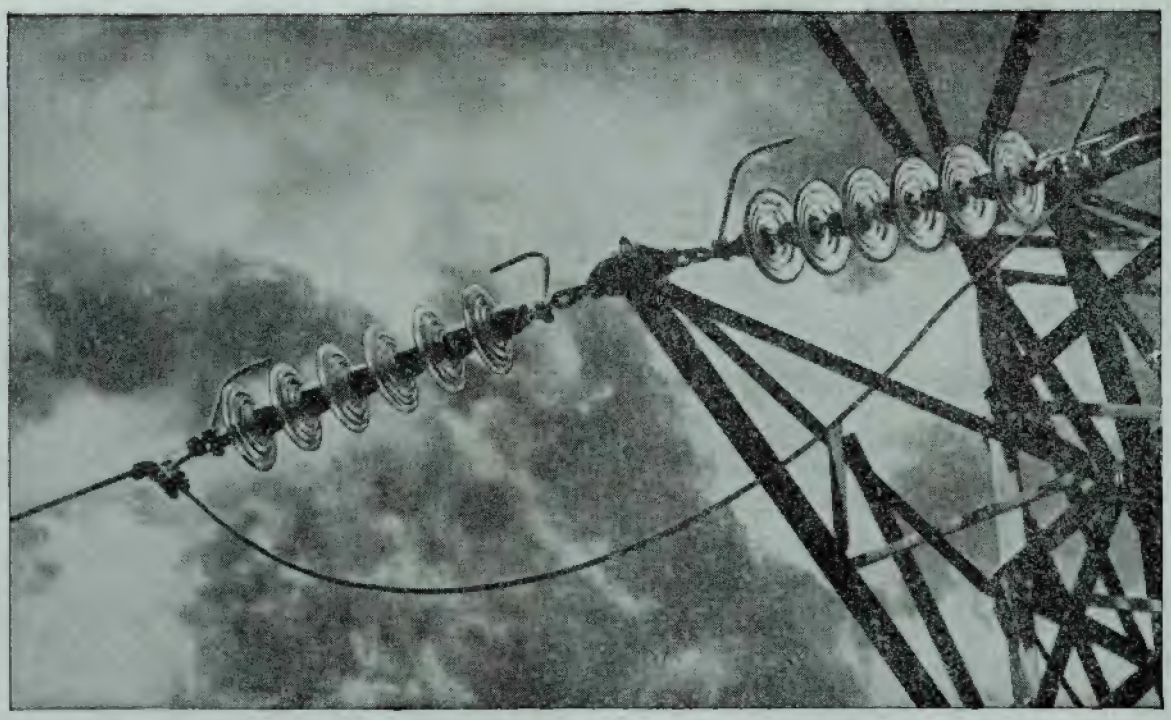
REGULADORES AUTOMÁTICOS DE TENSÃO
RECTIFICADORES DE VAPOR DE MERCÚRIO
TRACÇÃO ELÉCTRICA

Representantes gerais em Portugal:

SOCOTEL, L.DA

Rua de Sá da Bandeira, 651 - 4.º Esq.

Tel. 27013 *(3 linhas)* **PORTO**



Isoladores Ingleses de vidro temperado 'ARMOURLIGHT'

EM TODOS OS CINCO CONTINENTES

A FÁBRICA "PILKINGTON" gosa de justa fama em todo o mundo pelos seus isoladores "ARMOURLIGHT" de vidro presolicitado (temperado), dos tipos de suspensão e rígido. Encontram-se presentemente mais de 6.000.000 em serviço. O seu alto valor é comprovado por mais de 20 anos de utilização em todas as condições atmosféricas, desde as árticas às tropicais. Algumas das razões para o seu sucesso são :—

A sua superior resistência eléctrica

Ensaios utilizando uma onda impulsiva de 1/5 micro-segundo, mostraram uma resistência eléctrica de 1700 kV/cm—aproximadamente 3.½ vezes a dos isoladores de porcelana.

A sua superior resistência mecânica e maior duração

A resistência máxima à ruptura dos isoladores "ARMOURLIGHT" é apenas condicionada pela resistência à ruptura dos acessórios metálicos, visto que a parte de vidro é, de longe, o componente mais forte do isolador e tanto que, na verdade, o seu limite máximo de resistência é desconhecido.

A sua superior resistência aos afeitos do arco

Ensaios de laboratório com arcos de características conhecidas, provaram que a resistência ao arco dos isoladores de disco "PILKINGTON" é duas vezes a dos de porcelana.

A sua superior utilização

Do processo de temperar resulta ficarem as superfícies do vidro submetidas a esforços de compressão, sendo impossível, por conseguinte, abrirem-se brechas na superfície. Na eventualidade de uma falha devida a causas eléctricas, mecânicas ou térmicas, o vidro estilhaça-se completamente, mas a construção é tal que o isolador avariado continua a suportar a sua carga mecânica prevista e a linha não cai. Isto, sem qualquer excepção, é uma característica do Isoladores de Vidro Temperado "ARMOURLIGHT" o que significa que um isolador avariado (sem vidro), pode ser localisado de longe e assim um sistema de conservação mais económico pode actuar em grandes distâncias, empregando fiscais de linhas inexperientes ou aviação.

Os Isoladores de Vidro Temperado "PILKINGTON" têm sido fornecidos em quantidades para tensões de até 380.000 Volt inclusivé.

Para esclarecimentos técnicos, escrever ao representante:
HARKER, SUMMNER & CA. LDA.,
RUA JOSÉ FALCÃO, 152/156, PORTO
LARGO DO CORPO, SANTO, 14/18, LISBOA
Agente em Espanha:
F. MALCOLM THOMSON S.C.,
VELAZQUEZ 92, 6° IZQDA, MADRID

PILKINGTON BROTHERS LIMITED

INSULATOR SALES DEPARTMENT, RAVENHEAD WORKS, ST. HELENS, LANCASHIRE, INGLATERRA

g) *Modelos de estruturas constiuídas por barras*

Designaremos abreviadamente as estruturas constituídas por barras (rectilíneas ou curvilíneas) por estruturas lineares.

Os notáveis progressos que a teoria das estruturas lineares hiperestáticas alcançou nos últimos anos, em especial no que se refere ao desenvolvimento de métodos de cálculo expeditos, reduziram apreciàvelmente o interesse dos estudos de tais estruturas sobre modelo. O dimensionamento experimental só se impõe nos casos de estruturas lineares hiperestáticas de grande complexidade e com maior frequência quando se tem de ter em consideração o funcionamento a 3 dimensões. Quando se deseja conhecer o comportamento além da fase elástica o estudo experimental é em geral o único possível.

Os modelos de estruturas lineares são por via de regra estudados aplicando as técnicas referidas nas alíneas anteriores. Em especial, os momentos flectores, esforços normais e esforços transversos são determinados a partir da medição de deformações com extensómetros eléctricos (fig. 2).

O estudo das estruturas hiperestáticas tem também sido realizado a partir da medição directa das próprias grandezas hiperestáticas (forças ou momentos), (13) segundo técnicas descritas pelo seu autor na publicação (4).

No estudo de estruturas lineares, planas e elás-

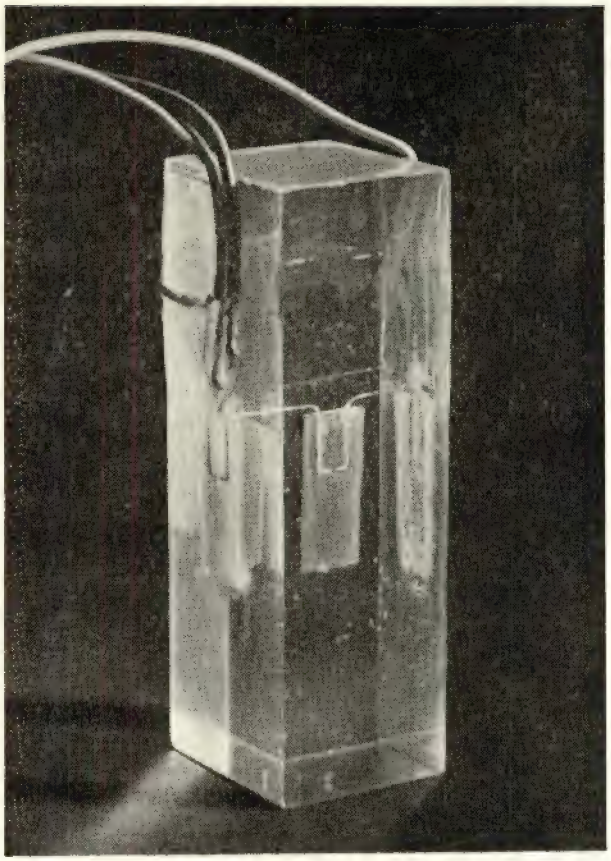


Fig. 11 — Extensómetro eléctrico no interior de um prisma de plástico. Num ensaio de compressão as indicações deste extensómetro estavam de acordo com as relativas aos extensómetros colocados na superfície do prisma

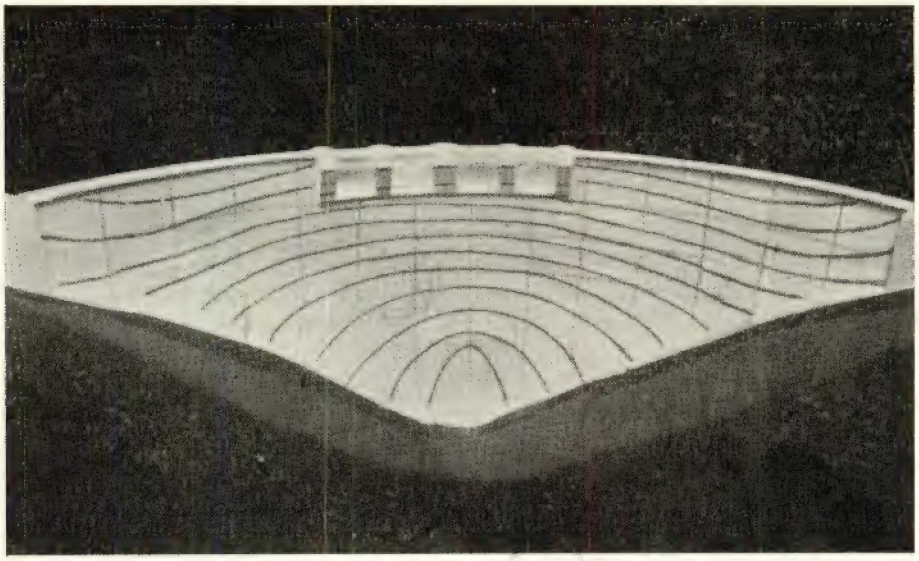


Fig. 12 — Isostáticas da face jusante de um modelo de plástico, à escala de 1:200, da barragem de Salamonde, com 70 m de altura

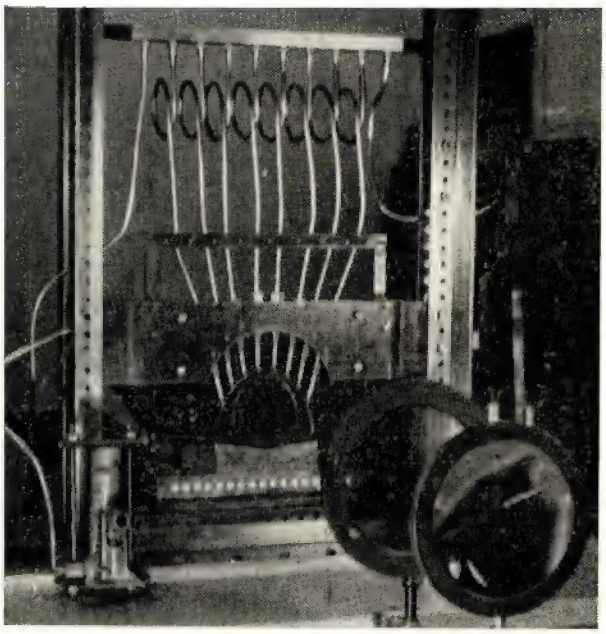


Fig. 13 — Ensaio fotoelástico de um modelo da secção transversal de um aqueduto

ticas, é aconselhável proceder à determinação experimental das linhas de influência a partir do teorema de reciprocidade de Maxwel-Betti (14) (15). A obtenção das linhas de influência por este meio, tem a vantagem de evitar a aplicação de forças aos modelos o que é particularmente importante no caso de estruturas com elevado número de peças.

A nossa experiência mostra que, em estruturas complexas, que são aquelas que interessa estudar experimentalmente, a determinação das linhas de influência correspondentes a hiperestáticas interiores é muitas vezes difícil. De facto, frequentemente, a rigidez do modelo não permite a imposição de um deslocamento suficientemente grande aos bordos de uma secção a estudar e, além disso, o deslocamento não pode ser imposto aos próprios bordos mas apenas a uma distância que é por vezes excessiva. Algumas vezes falta espaço para a montagem do aparelho que impõe os deslocamentos, a não ser que o modelo tenha grandes dimensões.

Na determinação das linhas de influência impomos os deslocamentos aos modelos por meio de deformadores de Beggs e os deslocamentos dos diversos pontos do modelo são medidos pelo método fotográfico (16). Neste método o modelo é fotografado na mesma chapa antes e depois de se ter imposto o deslocamento. Os deslocamentos podem ser medidos com o microscópio ou numa tela na qual se projecta a chapa. O método fotográfico dá-nos um registo dos resultados do ensaio e das condições em que foi realizado.

Para a determinação directa dos momentos flectores usamos o dispositivo conhecido por «moment indicator», (18) o qual se revelou de pouco interesse.

4 — RESULTADOS TÍPICOS

A fim de dar uma ideia da diversidade de problemas que têm sido atacados e do tipo de resultados alcançados vamos apresentar muito sumàriamente alguns estudos empreendidos.

a) *Barragens*

Tem sido no dimensionamento de barragens abóbada de betão que se têm obtido resultados com mais interesse quer pelos esclarecimentos fornecidos sobre as condições de fornecimento dessas estruturas quer pelas importantíssimas economias conseguidas (2). Em Portugal, o dimensionamento definitivo das barragens abóbada tem sido feito experimentalmente submetendo-se a ensaio a forma ou formas escolhidas em fase anteprojecto mediante a aplicação do método de cálculo conhecido pelo método dos arcos independentes e, muitas vezes, ainda do método trial-load.

A experiência colhida nos numerosos estudos empreendidos e a comparação dos resultados obtidos com os fornecidos pelos métodos de cálculo permitem-nos afirmar que só no caso das condições de uma barragem abóbada serem muito simples é dispensável o dimensionamento experimental. De facto, se a barragem for acentuadamente assimétrica, ou apresentar um perfil de fundação irregular, ou singularidades tais como fendas, encontros gravidade, grandes aberturas para descarregadores, ou se as fundações apresentarem uma heterogeneidade acentuada, etc., os métodos analíticos de dimensionamento, mesmo os mais evoluidos, não são satisfatórios. Mesmo quando as condições são simples o cálculo analítico por um método que possa oferecer confiança como o trial-load só é mais rápido e económico se se dispuzer de um gabinete de projecto que já tenha experiência da sua aplicação. Além

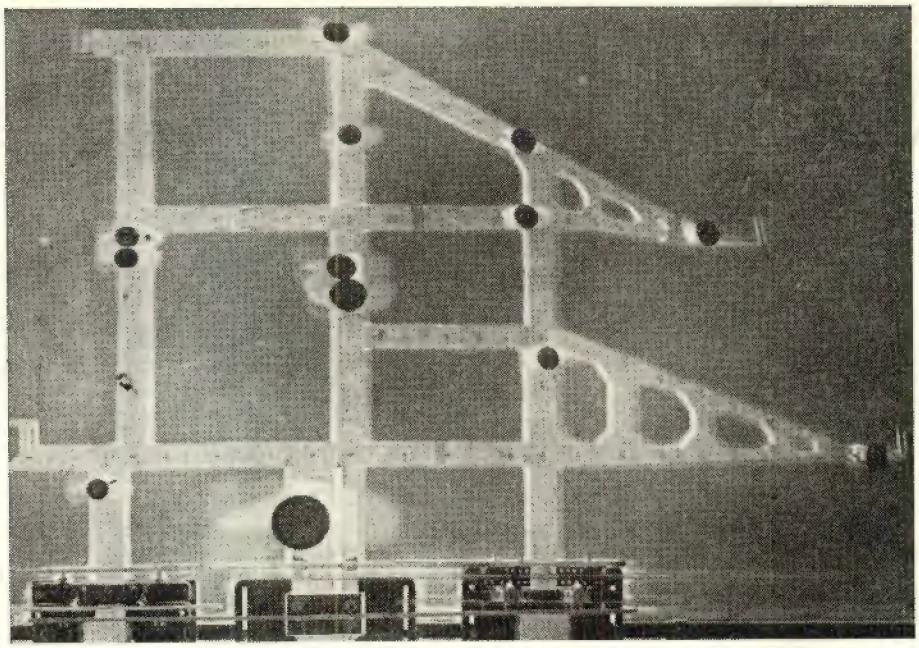


Fig. 14 — Fotografia obtida no estudo de uma estrutura linear pelo método fotográfico

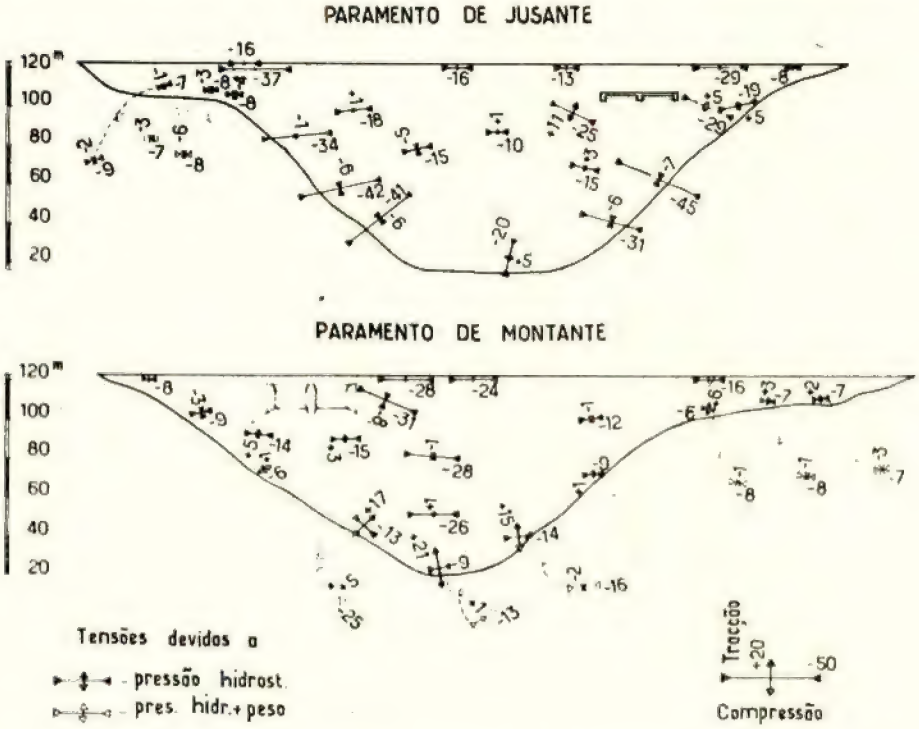


Fig. 15 — Tensões na barragem de Castelo do Bode, determinadas sobre modelo

disso é muitas vezes possível estudar as formas resultantes de sucessivos aperfeiçoamentos sobre um mesmo modelo e portanto com um pequeno acréscimo de trabalho.

Na fig. 15 apresentam-se, a título de exemplo, as tensões determinadas no estudo experimental da barragem de Castelo do Bode, o qual foi feito sobre modelos a uma escala muito reduzida, ^{1} 500 (2). Dado o encontro gravidade com o papel relevante na segurança da obra, as grandes aber-

turas para o descarregador e a heterogeneidade das fundações só o dimensionamento experimental podia oferecer confiança. Na fig. 16 apresentam-se os valores dos módulos de elasticidade do protótipo e dos correspondentes adoptados nos modelos; note-se o baixo valor do módulo de elasticidade da fundação do encontro gravidade. Apesar das reduzidas dimensões dos modelos foi feita a determinação completa do estado de tensão no interior e na vizinhança das aberturas do descarregador usando extensómetros eléctricos com 3 mm de base; foi considerada a acção do peso próprio e da pressão hidrostática, e os resultados obtidos foram confrontados com os fornecidos por um estudo fotoelástico realizado sobre um modelo de espessura variável (12). Na barragem de Castelo do Bode o caudal de cheia é descarregado por duas portadas vedadas por duas comportas, tendo cada uma delas de suportar um esforço máximo de cerca de 4.000 toneladas, as quais deviam ser suportadas pelos muros guias do descarregador. O dimensionamento das armaduras dos muros foi feita a partir de um estudo fotoelástico (12).

Estudos análogos foram empreendidos em relação às barragens de Santa Luzia (9), do Cabril, de Salamonde, do Covão do Meio, da Caniçada, da Bouçã, e da ensecadeira da barragem de Castelo do Bode (17). Mencionamos também o estudo de uma barragem de contrafortes de grande altura (2) (fig. 5).

Já houve possibilidade de comparar as previsões de alguns dos estudos experimentais com os resultados da observação das próprias obras (9) (17). Estas comparações confirmaram a preferência que damos ao dimensionamento experimental. Está em curso a observação sistemática de todas as barragens abóbada estudadas sobre modelo, esperando-se num futuro próximo obter conclusões com grande interesse (18).

b) *Pontes e edifícios*

Muitas das pontes construídas no País nos últimos anos têm sido objecto de estudos sobre modelo (4). Estes estudos têm permitido o esclarecimento de numerosos problemas em especial dos que surgem quando se tem de ter em consideração o funcionamento a 3 dimensões.

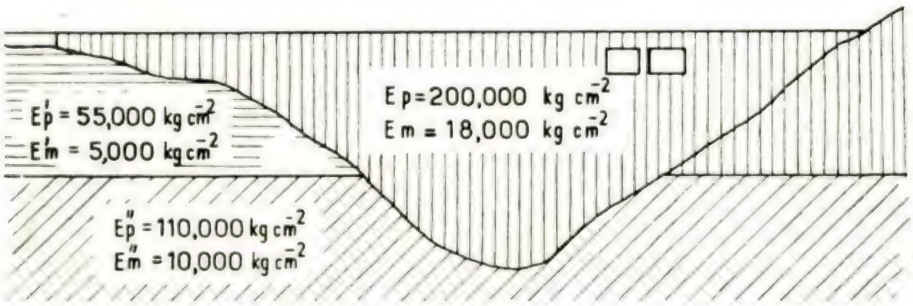


Fig. 16 — Módulos de elasticidade da barragem de Castelo do Bode e da sua fundação e os correspondentes adoptados no modelo

No dimensionamento experimental da barragem de Venda Nova foi especialmente estudada a influência de singularidade da superfície de fundação e ainda o funcionamento de uma junta na base da barragem, a montante, destinada a evitar o desenvolvimento de tensões de tracção reveladas num primeiro ensaio. A concentração de tensões na vizinhança da junta foi estudada, em modelos planos, pela fotoelasticidade. Tal como em Castelo do Bode, o dimensionamento das armaduras da região do descarregador foi feito a partir da determinação experimental das tensões.

Entre os problemas estudados citamos os seguintes: efeito de solicitações actuantes fora do plano da obra, tais como o vento e o efeito de lacete, a contribuição do tabuleiro para o funcionamento de pontes de arco, e o efeito de cargas concentradas sobre os tabuleiros (fig. 17).

Em relação a estruturas de edifícios é muito reduzido o número de estudos experimentais realizados o que resulta dos importantes aperfeiçoamentos dos métodos de cálculo e também de não se terem construído grandes edifícios. Citamos o estudo da estrutura de uma casa de espectáculos (fig. 14); a grande complexidade da estru-

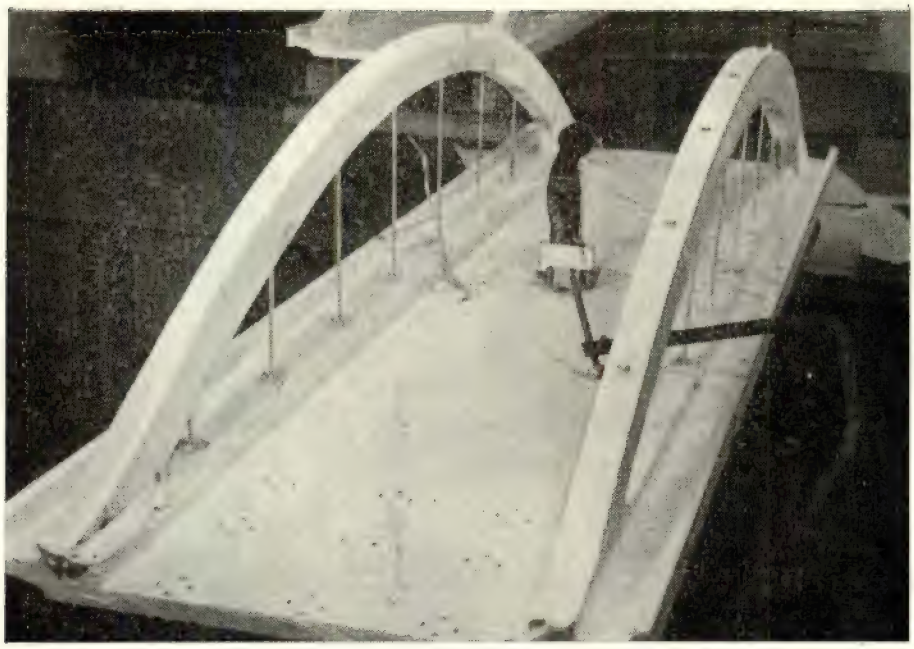


Fig. 17 — Modelo de gesso de uma ponte constituída por laje apoiada de modo a receber reacções oblíquas (figura reproduzida da publicação n.º 5)

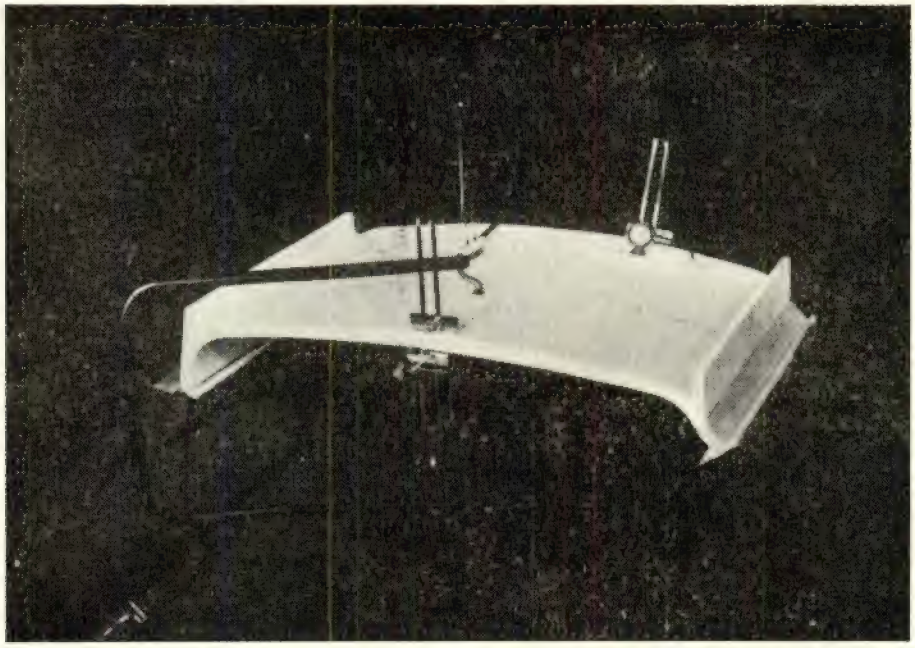


Fig. 18 — Modelo de gesso de uma ponte de betão armado. Foi determinado o efeito de cargas concentradas sobre o tabuleiro

tura não permitia um cálculo satisfatório. Referimos ainda o estudo, em curso, de um edifício de 20 andares para o Brasil (fig. 2); serão estudados a acção do vento e o assentamento das fundações.

c) *Diversos*

Foi realizado o estudo de modelos de diversos tipos de torres metálicas para linhas de alta tensão (fig. 9). Determinou-se o seu comporta-

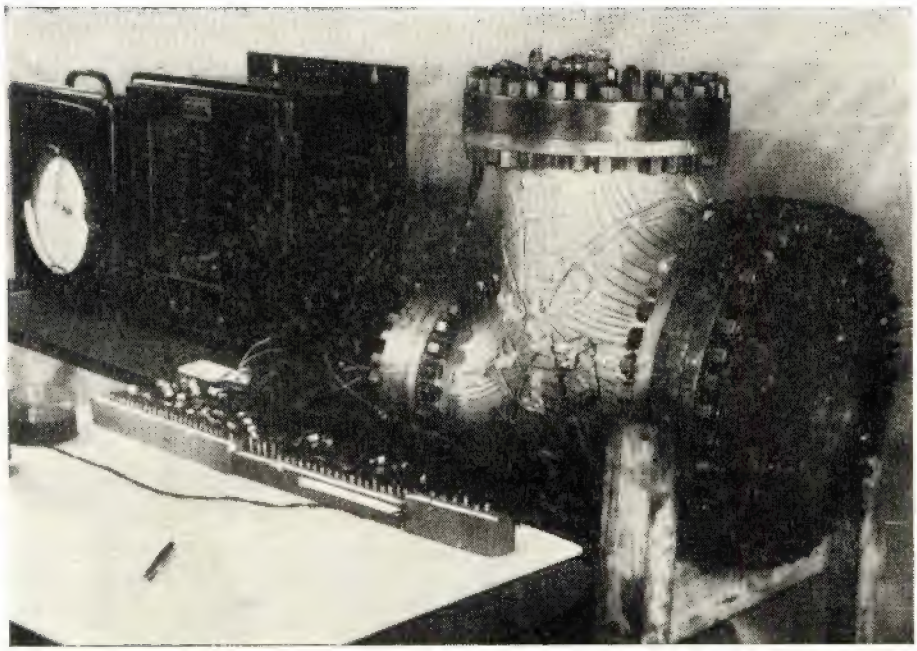


Fig. 19 — Estudo de uma bifurcação de condutas metálicas. Notam-se as isostáticas determinadas pelo método dos vernizes frágeis

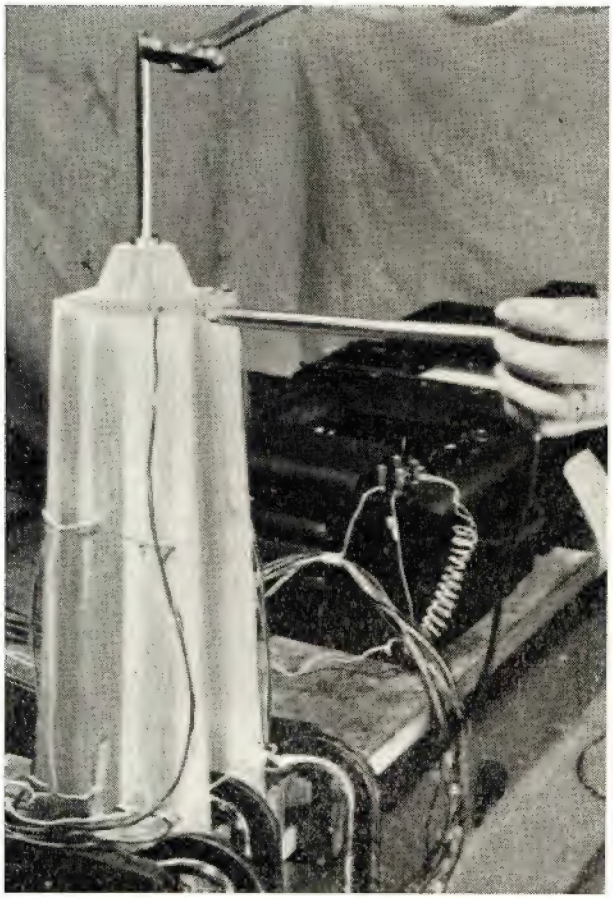


Fig. 20 — Determinação das características de vibração do modelo de um monumento de betão armado com 110 m de altura

mento em relação à acção do vento e do peso próprio, nas hipóteses dos cabos condutores intactos e de alguns partidos. O estudo, que conduziu a economias importantes, revelou sobretudo a deficiência dos cálculos quando as solicitações determinam a torsão das torres.

Entre as construções metálicas estudadas referimos a determinação completa do estado de tensão em bifurcações de condutas forçadas (fig. 18) e na espiral de uma turbina Francis (fig. 7).

Na fig. 20 vê-se o modelo do monumento a Cristo-Rei, com 110 m de altura, em construção próximo de Lisboa. Foi estudada a acção do vento, em túnel aerodinâmico, a acção de sismos e ainda a influência de assentamentos das fundações, a qual se revelou muito importante.

A fig. 21 mostra um modelo de uma cúpula com 90 m de vão. Foi estudado sobre modelo a acção do peso próprio, de cargas concentradas e também a repercussão de assentamentos dos apoios.

Referimos ainda o estudo da influência da deformabilidade do terreno de fundação sobre o comportamento de uma conduta enterrada (fig. 13). Constatou-se que essa influência é muito importante.

Finalmente mencionamos os estudos sobre modelo de problemas de Mecânica dos Solos. Foram estudadas as fundações de grandes reser-

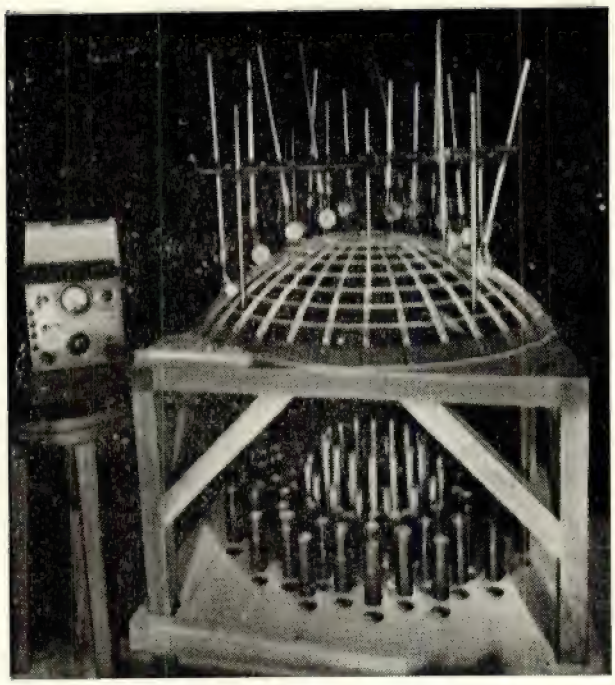


Fig. 21 — Estudo do efeito do peso próprio da cúpula do «Palácio dos Desportos» do Porto

vatórios metálicos para combustíveis (fig. 8). Observaram-se as condições de rotura da fundação e averiguou-se a influência de um anel para a cintagem da fundação.

Foram ainda determinados sobre modelo os assentamentos de sapatas que repousaram sobre formações constituídas por camadas com deformabilidade muito diversa.

5 — CONCLUSÕES

Expuzemos brevemente a actividade que o nosso país tem desenvolvido no domínio do dimensionamento experimental de estruturas.

A experiência adquirida mostra claramente que a escolha das formas e a determinação das dimensões de uma estrutura qualquer podem ser feitas por via de regra a partir da observacão de modelos, mesmo quando se pretende ter em consideração o comportamento não elástico.

Pode bem afirmar-se que um modelo mesmo a uma escala muito reduzida, é uma imagem mais fiel do protótipo do que os esquemas adoptados correntemente nos cálculos analíticos, isto quer do ponto de vista das formas, quer dos materiais quer das solicitações. Tal, porém, não desvaloriza os métodos analíticos os quais possuem a grande vantagem de ser, salvo casos muito especiais, de aplicação mais rápida e económica, e de não exigir meios materiais importantes.

Quanto ao âmbito de utilização dos métodos experimentais e analíticos, pode-se afirmar que os primeiros devem ser seguidos no dimensionamento de estruturas importantes, a não ser que se disponha de métodos analíticos de inteira confiança o que é pouco frequente. No caso de estruturas de média e pequena importância os métodos analíticos são geralmente os mais adequados, dada a economia e rapidez da sua aplicação. Mesmo quando se trata de estruturas importantes, os métodos analíticos, até os muito grosseiros, prestam valiosos serviços na fase de anteprojecto, fase na qual é por via de regra necessário fazer um julgamento sumário de diversas soluções.

Os métodos analíticos e experimentais não devem ser postos em oposição, como por vezes há tendência, mas ser consideradas como ferramentas a utilizar criteriosamente para o dimensionamento seguro e económico das estruturas.

O custo do dimensionamento experimental de uma estrutura é muito variável conforme os problemas a resolver e a preparação do labaratório que o empreende. A fim de dar uma ideia de custos referimos que no Laboratório Nacional de Engenharia Civil o custo real varia, para a maior parte dos estudos efectuados, entre 20.000 e 100.000 escudos. O encargo é pois insignificante em face do custo de estruturas importantes. Quanto à duração dos ensaios podemos referir 1 mês e meio a 4 meses.

BIBLIOGRAFIA PORTUGUESA SOBRE MODELOS DE ESTRUTURAS

(1) Rocha M. — «Dimensionnement expérimental des constructions», Paris, Ann. Inst. Techn. Batim. Trav. Pub., N.º 235, Fev. 1952.

(2) Rocha, M.; Serafim, J. L. — «Analysis of Concrete Dams by Model Tests», Comun. N.º 36, 5.º. Cong., Com. Int. Grandes Barragens, Paris, 1955.

(3) Rocha, M. — «Conditions de similitude dans l'étude sur modèles de problèmes de mécanique du sol», Paris, Ann. Inst. Techn. Batim. Trav. Publ., N.º 86, Fev. 1955.

(4) Borges, J. F. — «O dimensionamento de estruturas», Pub. N.º 54, Lab. Nac. Eng. Civil, Lisboa, 1954.

(5) Cardoso, E. — «Alguns métodos de cálculo experimental e sua aplicação ao estudo de pontes», Lisboa, Oficinas Gráficas Afonso Ramos & Moita, 1950.

(6) Rocha, M.; Folque, J. — «Quelques résultats d'observations de tassements sur les constructions et sur modèles», Paris, Ann. Inst. Techn. Batim. Trav., Pub., N.° 86, Fev. 1955.
(7) Borges, J. F. — «A utilização dos ultrasons para para o estudo das propriedades dos materiais» Lisbaa, Técnica N.° 239, Fev. 1954.
(8) Lima, J. A.—«Medição de deformações com extensómetros mecânicos. Aplicações no laboratório e nas obras», Pub. N.° 19, Lab. Nac. Eng. Civil, Lisboa, 1951.
(9) Fialho, J. F. L. — «Extensómetros eléctricos de resistência», Lisboa, Técnica N.° 239, Fev. 1954.
(10) Rocha, M.; Serafim, J L. — «Model tests of Santa Luzia Dam», Comun. N.° 5, 3.° Congr., Com. Int. Grandes Barragens, Stockholm 1948.
(11) Serafim, J. L. — «Determinação de tensões com vernizes frágeis», Lisboa, Técnica N.° 231, Abril, 1953
(12) Rocha, M.; Borges. J. F. — «Photoelasticity Applied to Structural Design», Publ. Prelim. 3.° Congr., Ass. Int. Pontes Estruturas, Cambridge, 1952.
(13) Rocha, M. — «A fotoelasticidade nos equilíbrios elásticos de revolução», Lisboa, Técnica N.° 115, Dez. 1940.
(14) Cardoso, E. — «Um método para o estudo experimental dos sistemas hiperestáticos», Porto, Rev. Fac. Eng., Univ. Porto, Vol. VI, N.° 4, Ag. 1940.
(15) Araújo, F. C. — «O estudo experimental das linhas de influência das construções hiperestáticas planas», Porto, Rev. Fac. Eng., Univ. Porto, Vol. VI, N.° 1, Fev. 1940.
(16) Rocha, M. — «Estudo de estruturas hiperestáticas pelos teoremas de Castigliano e pelo método de Beggs», Lisboa, Técnica N.° 142, Dez. 1943.
(17) Rocha, M.; Borges, J F — «Photografic Method for Model Analysis of Structures», Cambridge, Mass., Proc. Exp. Stress Anal., Vol. 8, N.° 2, 1951.
(18) Reis, E. A. H. — «O medidor de momentos e a sua aplicação a modelos de estruturas a duas dimensões», Pub. N.° 2, Lab. Nac. Eng. Civil, Lisboa, 1944.
(19) Rocha, M.; Serafim, J. L.; Silveira, A. F.; Neto, J. M. R. — «Model Tests, Analytical Computation and Observation of an Arch Dam», New York, N. Y., Proc. Amer. Soc. Civ. Eng., Sep. 696, Vol. 81, Maio 1955.
(20) Rocha, M.; Serafim, J. L.; Silveira, A. F.; Rodrigues, O. V. — «The observation of the Behaviour of the Portuguese Concrete Dams», Comun. N.° 33, 5.° Congr., Com. Int. Grandes Barragens, Paris 1955.

SUMÁRIO

Com este trabalho procurou-se satisfazer a solicitação da «Academia Nacional dos Linces» (Itália) para apresentação ao «Congresso sobre os modelos na técnica», que teve lugar em Veneza em Outubro de 1955, de uma comunicação sobre os estudos de estruturas sobre modelos realizados em Portugal.

Refere-se o estabelecimento das leis gerais de semelhança para estados de deformação quaisquer, mesmo dos solos considerados como sistemas de duas fases. Menciona-se a consideração da dispersão de propriedades nas condições de semelhança.

Apresentam-se as técnicas seguidas nos estudos experimentais, fazendo-se especial referência às escalas a adoptar para os modelos, aos materiais, aos dispositivos para aplicação de cargas e aos métodos de medição de deslocamentos e deformações. Menciona-se ainda a aplicação do método dos vernizes frágeis, da fotoelasticidade e de métodos especiais aplicáveis a estruturas constituídas por barras.

São apresentados resultados típicos da aplicação das várias técnicas do estudo de barragens, pontes, edifícios e outras estruturas.

L'ÉTUDE DE STRUCTURES SUR MODÈLES AU PORTUGAL

RÉSUMÉ

Au moyen de cet ouvrage on a cherché à satisfaire la demande de l'«Accademia Nazionale dei Lincei» (Italie) qui nous a prié de présenter au «Congrés sur les modèles dans la technique» qui a eu lieu à Venise en Octobre 1955, une communication sur les études de structures en modèles réalisées au Portugal.

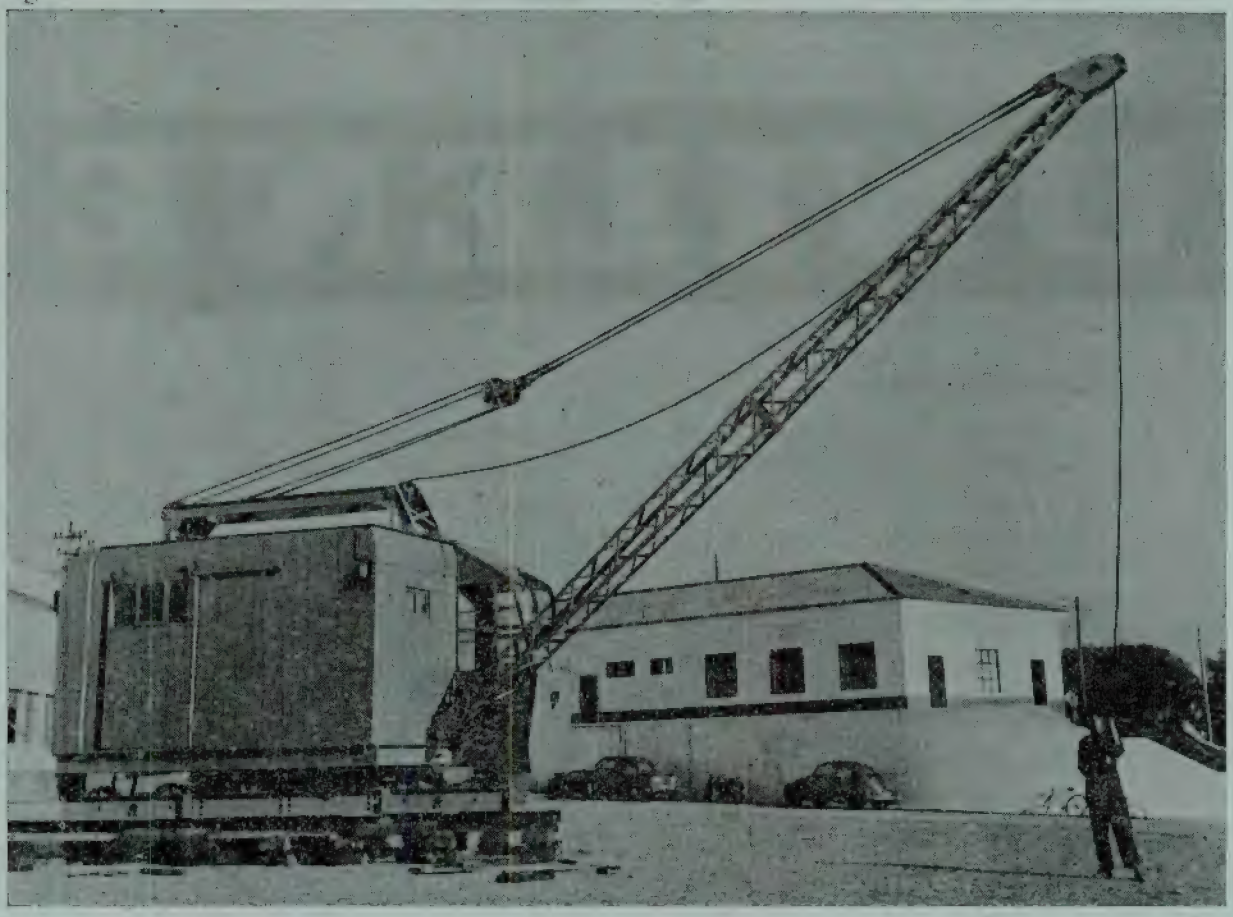
On rapporte l'établissement des lois générales de similitude pour un état de déformation quelconque, même des sols, considérés comme systèmes à deux phases. On fait mentlon de la considération de la dispersion des propriétés dans les conditions de similitude.

On présente les techniques employées dans les études expérimentales, avec mention spéciale des échelles à adopter pour les modèles, des matériaux, des dispositifs de mise en charge et des méthodes de mesure des déplacements et déformations. On mentionne encore

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca—Portugal



Guindaste «MAGUE» sem pórtico, construído para a C. A. N. I. M.

●

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES

GUINDASTES

GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS

APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS

CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

l'application de la méthode des vernis craquelants, de la photoélasticité et de méthodes spéciales applicables aux structures constituées par pièces linéaires.

On présente des résultats typiques de l'application des différentes techniques à l'étude de barrages, ponts, bâtiments et d'autres ouvrages.

MODEL STUDY OF STRUCTURES IN PORTUGAL

SUMMARY

This work endeavours to comply with a request of the «Accademia Nazionale dei Lincei» (Italy) for us to present a paper on the model studies of structures carried out in Portugal, to the «Congress of Models in Technology» held at Venice, in Ocober 1955.

The establishment of general laws of similitude for strain states whatsoever, is presented, even for soils, considered as two-phase systems. The fact of taking into account the dispersion of the properties in the similitude conditions is mentioned.

The techniques followed in experimental studies are presented, special mention being made to the selection of model scales, the materials, the loading apparatus and the methods for displacement and strain measurements. The application of the method of brittle lacquers, photoelasticity and special methods for structures made up of bars is also mentioned.

Typical results of the application of the different techniques in the study of dams, bridges, buildings, etc. are presented.

C. D. U. 621.331.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91,4 % dos totais do País.*

JANEIRO

I — Breve nota mensal

No aspecto hidrológico há a salientar a forte hidraulicidade do corrente mês, que foi muito superior à média.

Na rede, registaram-se em Janeiro dois importantes acontecimentos: um, foi a ligação à rede primária da rede da Câmara Municipal do Porto; o outro, foi a entrada em serviço da linha Zêzere-Coimbra a 150 kV da C. N. E.

Deve ainda salientar-se o notável acréscimo verificado na produção em relação ao mesmo mês do ano anterior.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

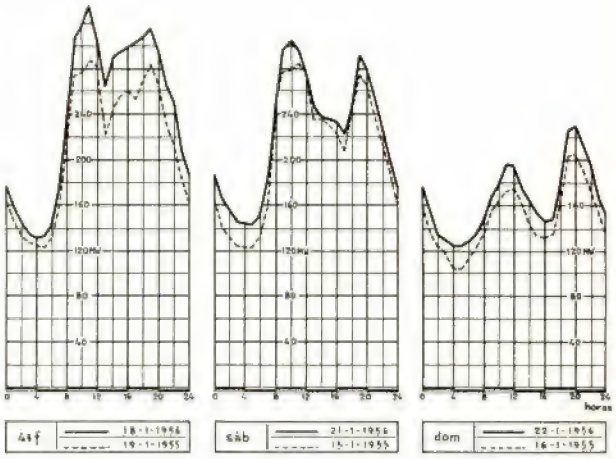
	1955	1956	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	28,2	173,1	+35
Produção térmica (P_t)	14,3	2,6	—82
Produção total (P_T)	142,5	175,7	+23
Cons. electroquímico (C_{eq}) (1)	22,1	42,6	+93
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	114,0	128,1	+12
Consumo total (C_T) . . . . (1)	136,1	170,7	+25

Notas:

(1) Os consumos permanentes C_P incluem as perdas nas redes de distribuição. O consumo electroquímico $C_{eq.}$ inclui as respectivas perdas totais. O consumo total C_T é a soma de C_p e $C_{eq.}$ Assim a diferença $P_T - C_T$ representa os consumos próprios das centrais, as perdas dos consumos permanentes na rede de grande transporte e a energia entrada na rede, de origem estranha ao R. N. C.

III — Diagramas de carga dos dias características

	4.ª feira: 19-1-955	4.ª feira: 18-1-956
Produção hidráulica (P_h) — MWh	5067	5834
Produção térmica (P_t) — MWh . .	111	121
Produção total (P_T) — MWh . . .	5178	5955
Potência máxima (Pot. máx.) — MW	293,0	335,0
Potência mínima (Pot. mín.) — MW	122,5	132,0
Utilização da ponta (U) — horas	17,7	17,8
Factor de carga (α)	0,74	0,74
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,42	0,39



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês

Albufeira	Energia armazenada GWh	Energia armazenada % (1)
Venda Nova	128,6	97,8
Salamonde	25,4	90,9
Caniçada	32,4	96,7
Guilhofrei	8,3	100,0
Lagoa Comprida	29,5	100,0
Santa Luzia	26,7	78,6
Cabril	328,2	99,1
Castelo do Bode	160,5	97,8
Pracana	10,2	98,3
Póvoa	11,2	98,5
Total	774,2	97,5

Nota:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras, definido pela relação:

$$\frac{\text{Energia armazenada}}{\text{Máx. energia armazenável}} \times 100\ \%$$

C. D. U. 546.791.05:541.123.5

Ensaios de purificação de soluções contendo urânio por resinas permutadoras de iões

CARLOS MOURA PULIDO
MARIA CRISTINA MOREIRA DE ALMEIDA
Centro de Estudos de Rádio-Química
C. E. E. N. — I. S. T.
INSTITUTO DE ALTA CULTURA

A primeira parte do trabalho, cujo resumo se apresenta, foi iniciada quase no princípio da actividade do Centro de Química, e prolongou-se até Agosto do ano passado.

Apenas se mencionam algumas das suas fases, pois que o objectivo prático perseguido — separação específica do urânio com resinas permutadoras catiónicas — se mostrou inacessível. Durante esse período o segredo rodeava ainda este sector da química aplicada, que em Genebra foi desvendado. Viu-se então que, como prevíamos, a permutação iónica podia desempenhar um importante papel na extracção industrial do urânio dos seus minérios, mas aquela especificidade, permitindo a separação do ião uranilo em elevado grau de pureza, se conseguia, não com aquele tipo de resinas, mas sim com certas resinas aniónicas de base forte. Em determinadas condições, as soluções sulfúricas de urânio comportam-se como se nelas existisse não o ião uranilo mas um anião complexo deste ião e de sulfato ($[UO_2\ (SO_4)_n\ ]^{2-2n}$, sendo $n = 1$, 2 ou 3).

Desta forma, os outros iões presentes no líquido do tratamento sulfúrico dos minérios, não são fixados pela resina e, pela eluição, consegue-se simultâneamente a concentração e a purificação da solução de urânio.

É sem dúvida este o mais importante avanço realizado desde o início da era atómica no capítulo da extracção do urânio que, só por si, tornou obsoletos outros processos de concentração.

No regresso de Genebra, fizeram-se então no Laboratório simples ensaios de aplicação do novo método, usando soluções sulfúricas de minérios portugueses.

Isto constitui a segunda parte desta nota, simples confirmação da particular eficiência da permutação aniónica.

Lisboa, Janeiro de 1956.

A. HERCULANO DE CARVALHO

1 — Resinas permutadoras catiónicas

1,1 — *Resumo*

Estudou-se a influência da temperatura sobre as curvas de eluição de vários catiões, os que na gravimetria do urânio é necessário eliminar para proceder à sua precipitação pela amónia, ou seja alumínio, ferro e cobre, além do próprio urânio. Utilisou-se uma resina permutadora catiónica do tipo polistireno sulfonado, em coluna aquecida a várias temperaturas de 30° a 85° e eluída com ácido clorídrico.

1,2 — *Introdução*

A permutação de iões é conhecida desde o tempo de Aristóteles que já tinha notado que a água do mar ficava menos salgada depois de atravessar uma camada de areia (1). Foi com efeito no estudo dos solos que se baseou grande parte dos modernos conhecimentos sobre a permutação iónica. A primeira comunicação efectuada nos tempos modernos sobre este assunto deve-se aos químicos Way (2) e Thompson (3) que em 1850 fizeram observações sobre permutações iónicas efectuadas com argilas.

Já antes de 1910 tinham sido preparados os primeiros permutadores inorgânicos sintéticos os quais foram no entanto menos satisfatórios que os naturais. Foram os estudos posteriormente efectuados sobre os zeolitos naturais que vieram dar incremento a este assunto.

Cerca de 1910 começaram a aparecer vários tipos de permutadores sintéticos como por exemplo um produto da condensação de um monofenol sulfonado com formaldeído fabricado na Alemanha pela I. G. Farbenindustrie e um produto de condensação de um polifenol sulfonado com formaldeído fabricado nos E. U. A. por The Resinous Products and Chemical Company.

Para realização do célebre Projecto Manhattan de produção de bombas atómicas foi necessário separar quantidades apreciáveis de produtos de fissão, incluindo terras raras. Essas separações foram levadas a cabo com o auxílio de permutadores sintéticos cujo estudo foi entretanto e de então para cá consideràvelmente alargado.

São inúmeros os tipos de resinas permutadoras que hoje se podem encontrar no mercado desde as resinas de aplicação, por assim dizer, geral até as específicas como por exemplo as amolecedoras de águas duras, as descorantes, as desodorizantes, etc.

1,3 — *Introdução teórica*

O processo de permutação iónica depende de três mecanismos (4):

I — Difusão dos iões através da camada líquida que envolve as partículas permutadoras (ou através do líquido contido nos macro-poros da partícula).

II — Difusão dos iões no interior da partícula permutadora.

III — Processo químico de permutação.

I e II são regulados pelas leis da difusão (5). Quanto a III, processo químico da permutação pode ser expresso por:

$$AR + B^{+} \rightleftarrows BR + A^{+}$$

sendo:

R — o permutador

A e B — os iões em jogo nas posições disponíveis ou úteis da matriz. Nas resinas catiónicas *R* é um anião e *A* e *B* têm cargas positivas enquanto que nas aniónicas *R* tem carga positiva e *A* e *B* são aniões.

Como variável que contribui para acelerar a permutação, um aumento de temperatura provoca uma modificação na forma das curvas de eluição. A grande influência deste factor foi já demonstrada nas eluições das terras raras (6).

Pareceu-nos portanto aconselhável estudar o efeito da elevação de temperatura sobre o processo de permutação dos iões já referidos.

1,4 — *Método experimental*

a) Permutador.

A resina sintética utilizada, do tipo polistireno sulfonado, foi a Dowex 50 com elevado índice de ligações intramoleculares (*) fabricada pela National Aluminate Corp. (Nalco). Optou-se por esta resina devido á sua elevada capacidade e grande resistência aos ácidos, mesmo a elevada temperatura.

Este permutador estava contido numa coluna que não era mais que um refrigerante de Liebig com 1,5 cm de diâmetro e 22 cm de altura no qual circulava água de aquecimento fornecida por um termostato. Verificou-se que este sistema de aquecimento era inteiramente satisfatório desde que a camisa de água estivesse completamente envolvida por amianto.

b) Influente.

Os catiões eram adicionados sob a forma de cloretos com concentrações quìmicamente equivalentes, com um débito conveniente. A sua entrada era feita através de um tubo de carga constituída por um refrigerante idêntico ao da coluna e cuja camisa de aquecimento estava ligada em série com a de aquele. Conseguia-se assim que o influente estivesse já à temperatura da resina quando chegava ao contacto com ela.

c) *Eluente.*

A eluição ou regeneração foi sempre feita com ácido clorídrico. A concentração deste ácido sempre que se trabalhava acima de 30º era imposta pela necessidade de evitar variações na concentração do eluente devidas à distilação a qual poderia também provocar libertação de bolhas gasosas no interior da coluna de resina. Optou-se por isso, pela composição azeotrópica

(*) Até hoje tem sido geralmente utilizado o próprio termo inglês «cross-linkage».

(Cl H 6N). Nos casos em que se utilizou Cl H dil. empregava-se a concentração 0,8N.

O eluente era adicionado pelo tubo de carga aquecido evitando-se assim a formação de correntes de difusão térmica.

d) Eluido.

Recolhido em fracções iguais por meio de um colector automático. Destas fracções tomava-se uma parte alíquota para o doseamento dos catiões presentes.

e) Expressão de resultados

Os resultados da eluição foram representados gràficamente a partir das análises feitas por métodos colorimétricos.

1,5 — *Resultados*

Como se disse acima os resultados foram expressos pelas curvas de eluição (figs. 1 a 4).

A influência da temperatura faz-se sentir especialmente sobre a eluição do urânio (fig. 2) cujo máximo diminui em valor absoluto com o aumento da temperatura sem no entanto atingir valores que tornem esta diferença aproveitável pràticamente.

BIBLIOGRAFIA

1 — Aristotle, Works of Aristotle, *7*, 933 b (Ross, W. D., Ed., Clarendon Press, London, 1927).

2 — Way, J. T., J. Roy. Agr. Soc. Engl., *11*, 313 (1850), J. Roy. Agr. Soc. Engl., *13*, 123 (1852).

3 — Thompson, H. S., J. Roy. Agr. Soc. Engl., *11*, 68 (1850).

4 — Boyd, G. E., Adamson, A. W., e Myers Jr., L. S., J. Am. Chem. Soc., *69*, 2836 (1947).

5 — Jost, W., Diffusion in Solids, Liquids, Gases, Academic Press, New York, 1952.

6 — Ketelle, B. H., Boyd, G. E., J. Am. Chem. Soc., *69*, 2800 (1947).

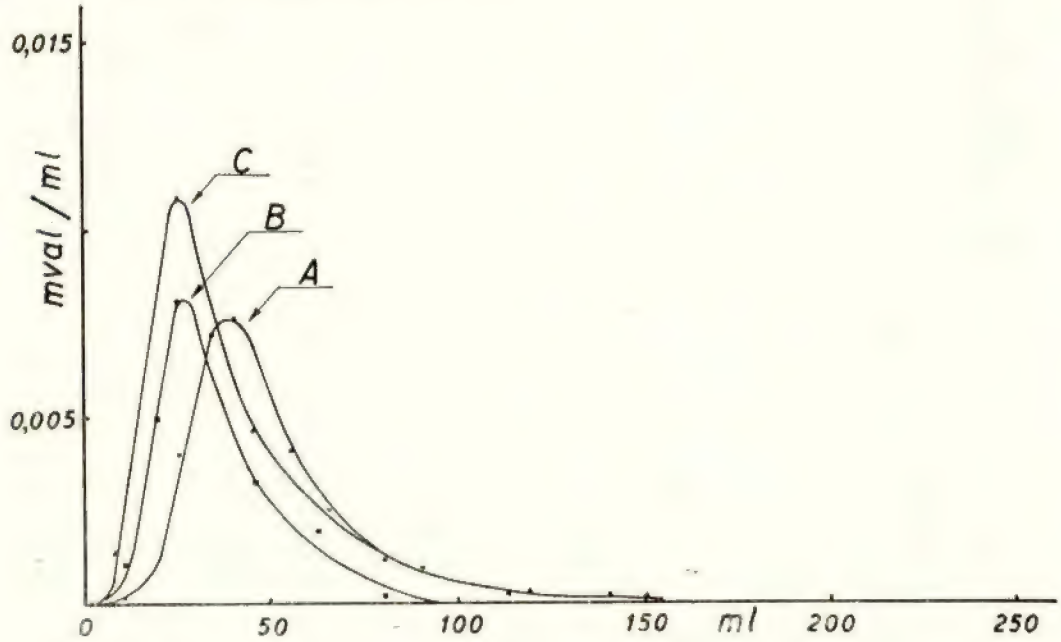


Fig. 1 — Curvas de eluição a 20° C de: *A* — urânio; *B* — cobre; *C* — ferro

1,6 — *Discussão e Conclusões*

Das várias curvas de eluição conclui-se que a desorpção do ferro, cobre e alumínio é sempre completa e requer volumes de eluente relativamente reduzidos, enquanto que a do urânio é muito mais demorada pois a sua concentração na resina tende assintòticamente para zero. Os máximos de todas as curvas podem considerar-se, do ponto de vista prático, coincidentes.

2 — Resinas permutadoras aniónicas

2,1 — *Resumo*

Estudou-se a adsorpção do urânio por resinas permutadoras aniónicas do tipo amina quaternária, em coluna, conseguindo-se a sua separação em muito boas condições, dos outros iões presentes nas soluções de ataque dos minérios de urânio.

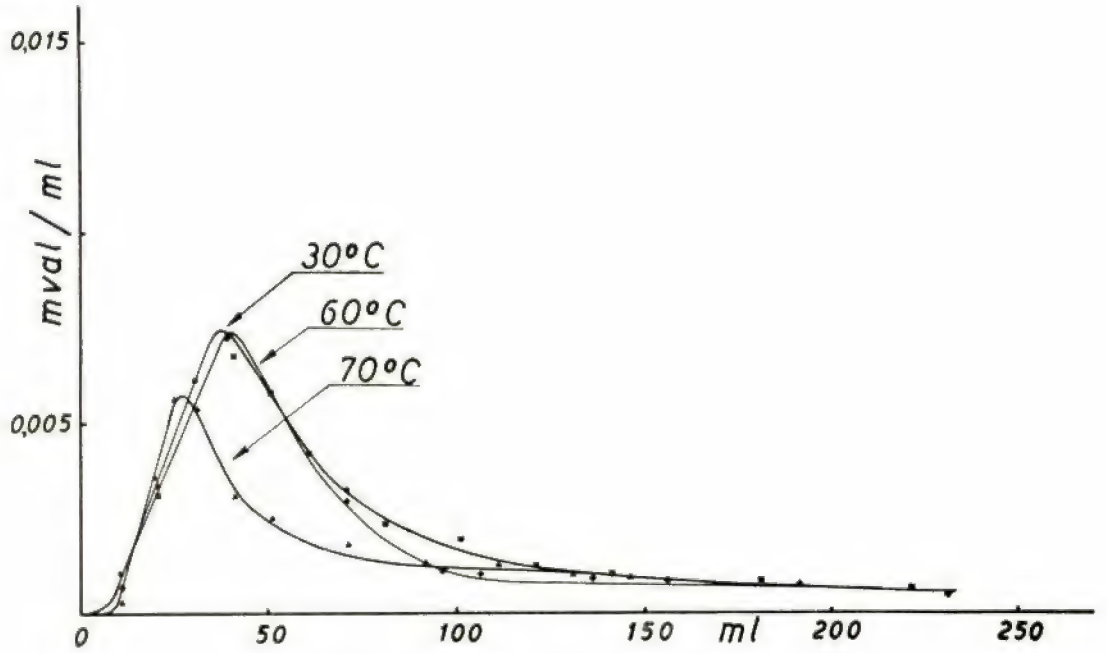


Fig. 2 — Curvas de eluição do urânio a diferentes temperaturas

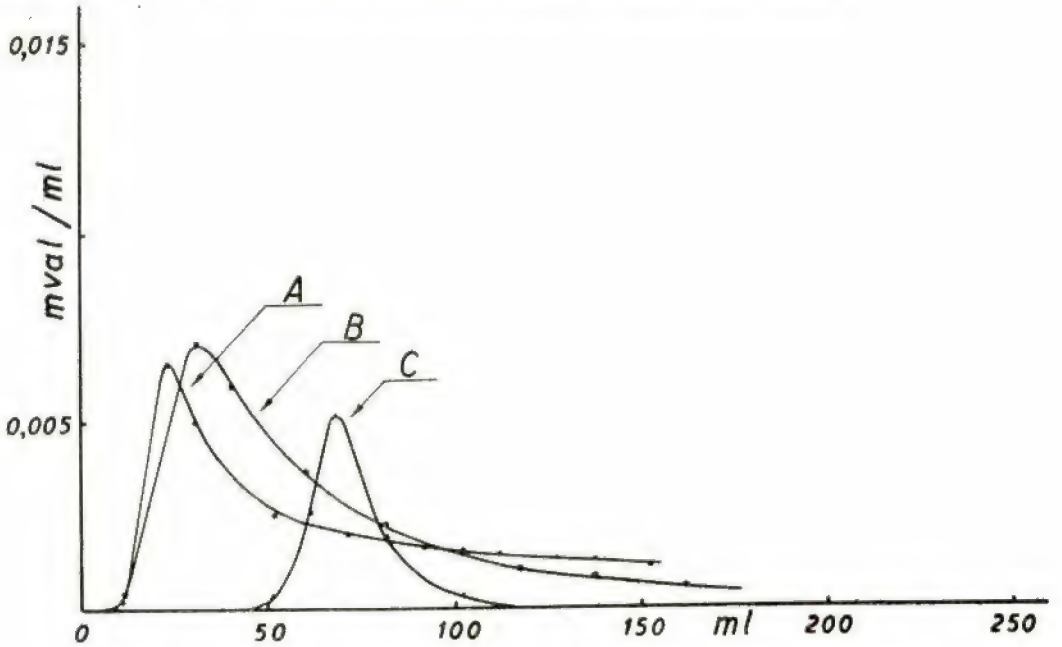


Fig. 3 — Curvas de eluição a 80° C de: *A* — urânio; *B* — cobre; *C* — ferro

2,2 — *Introdução*

De há poucos anos para cá vêm sendo cada vez mais utilizadas as resinas permutadoras aniónicas para as reacções de permutação aproveitando-se a sua selectividade em relação a diferentes complexos iónicos. Tem assim sido possível efectuar separações que eram de difícil ou mesmo impossível realização com permutadores catiónicos.

Entre as muitas dificuldades que foram resolvidas pelas resinas permutadoras aniónicas associadas aos iões complexos figura a separação do urânio dos outros iões presentes na solução de ataque dos respectivos minérios. Esta separação foi estudada por vários investigadores em diferentes países e trabalhando mais ou menos isoladamente, visto envolver materiais considerados estratégicos e cuja manipulação era consequentemente «classificada». Foi a Conferência Inter-

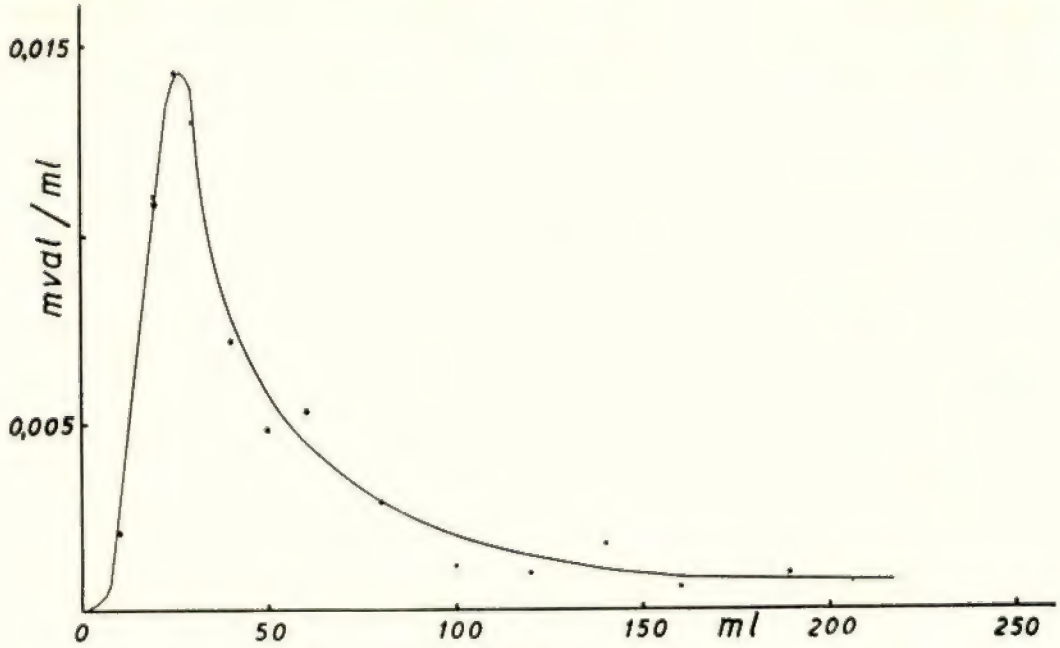


Fig. 4 — Curva de eluição do urânio a 85º C

nacional sobre a Utilização da Energia Atómica para Fins Pacíficos realizada em Genebra de 8 a 20 de Agosto p. p. que veio «desclassificar» este método de tratamento dos minérios de urânio (1), (2), (3).

2,3 — *Teoria do processo*

A estrutura de uma resina permutadora aniónica do tipo cujo grupo funcional é uma amina quartenária é a seguinte:

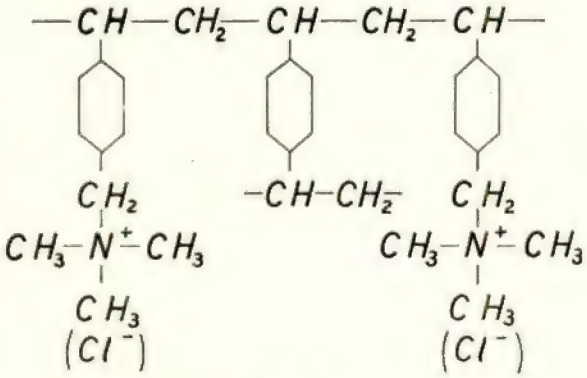


Fig. A

Estas resinas são selectivas para o urânio sob a forma de complexos com os iões sulfato e bissulfato e com o sulfato de ferro (III). As resinas com grupos funcionais de base fraca também adsorvem o urânio mas apresentam uma capacidade e selectividade menores que as de base forte.

A fórmula do complexo adsorvido é a seguinte:

$$[U\,O_2\,(S\,O_4)_n]^{2-2n}$$

sendo $n = 1$, 2 ou 3.

2,4 — *Método experimental*

Para a realização experimental deste trabalho utilizou-se a Amberlite IRA-400 uma resina permutadora aniónica do tipo amina quaternária fabricada por Rohm & Hass, Co. de Filadélfia com a qual se prepararam 4 colunas com 1,7 cm de diâmetro e cerca de 1 m de altura cada. Destas colunas, 3 estavam ligadas em série enquanto a quarta era regenerada. Os vários ciclos foram pela sua ordem:

a) Adsorpção

O influente deve ter um pH de cerca de 1,5 a fim de que o urânio possa ser adsorvido; é também necessário que o débito da passagem na coluna não seja superior ao indicado abaixo, para que a adsorpção possa ser completa.

b) Lavagem

A lavagem com água destina-se a retirar o líquido intersticial.

c) Lavagem em contra-corrente, para retirar as substâncias estranhas e eliminar os canais que se possam ter formado no interior da coluna de resina.

d) Eluição ou regeneração

O débito durante esta operação deve ser cuidadosamente regulado a fim de que a adsorpção se possa fazer em boas condições.

e) Lavagem

À eluição deve seguir-se uma nova lavagem para retirar todo o líquido que permanecia entre os grãos de resina.

f) Lavagem em contra-corrente — quando necessária.

Os volumes e velocidades de escoamento dos líquidos nestes vários ciclos são os seguintes, sendo v o volume da resina na coluna e S a sua secção:

Volumes:

a) eluente: 24.v
b) água de lavagem: 10.v

Velocidades (ml / min)

a) eluente: 0,066.v
b) água de lavagem: 0,066.v de início
0,2.v depois
c) lavagem em contra-corrente: 12.S
d) influente: 0,26.v a 0,39.v.

O eluente é uma solução 0,1 N em ácido sulfúrico e 0,9 N em nitrato de amónio. O eluído, recolhido em fracções de volumes iguais, por meio de um colector automático foi em todos os casos analisado colorimètricamente por meio de um espectrofotómetro Unicam SP 600.

2,5 — *Resultados*

Usámos a solução resultante de um ataque de minério de urânio, feito com ácido sulfúrico. O seu teor em U_3O_8 era 0,07 mg/1 e o pH 2,78. Além do urânio esta solução continha manganês, alumínio e ferro, com os aniões sulfato e fosfato.

A análise do eluído mostrou que ele tinha vestígios acentuados de fosfato e não continha ferro, alumínio, nem manganês.

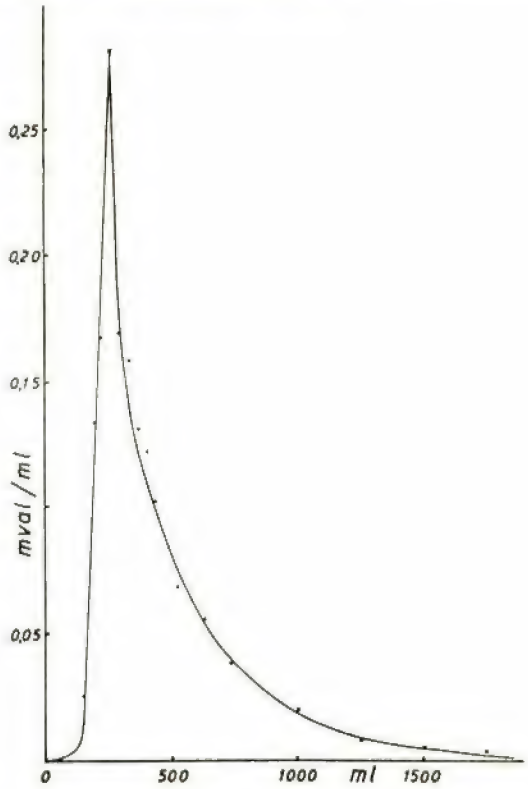


Fig. 5

2,6 — *Conclusões*

A forma da curva de eluição (fig. 5) permite-nos fazer a recolha da solução de urânio com a concentração que for julgada mais conveniente do ponto de vista económico. A parte do eluído que for rejeitada por muito diluída pode reciclar adicionada a um novo influente.

Devido à simplicidade de execução deste método ele parece ser de aconselhar para um enriquecimento da solução de urânio antes da extracção por solventes.

BIBLIOGRAFIA

1 — Preuss, A., Kunin, R., A General Survey of Types and Characteristics of Ion-Exchange Resins used in Uranium Recovery, A / Conf. 8 / P / 527.
2 — Hollis, R. F., Mc Arthur, C. K., The Resin-In-Pulp Process for Recovery of Uranium, A/Conf. 8 P526.
3 — Shankar, J., Bhatnagar, D. V., Murthy, T. K. S., An Ion Exchange Process for the Recovery of Uranium from Carbonate Leach Solutions, A/Conf. 8/P/871.

EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELECTRICA

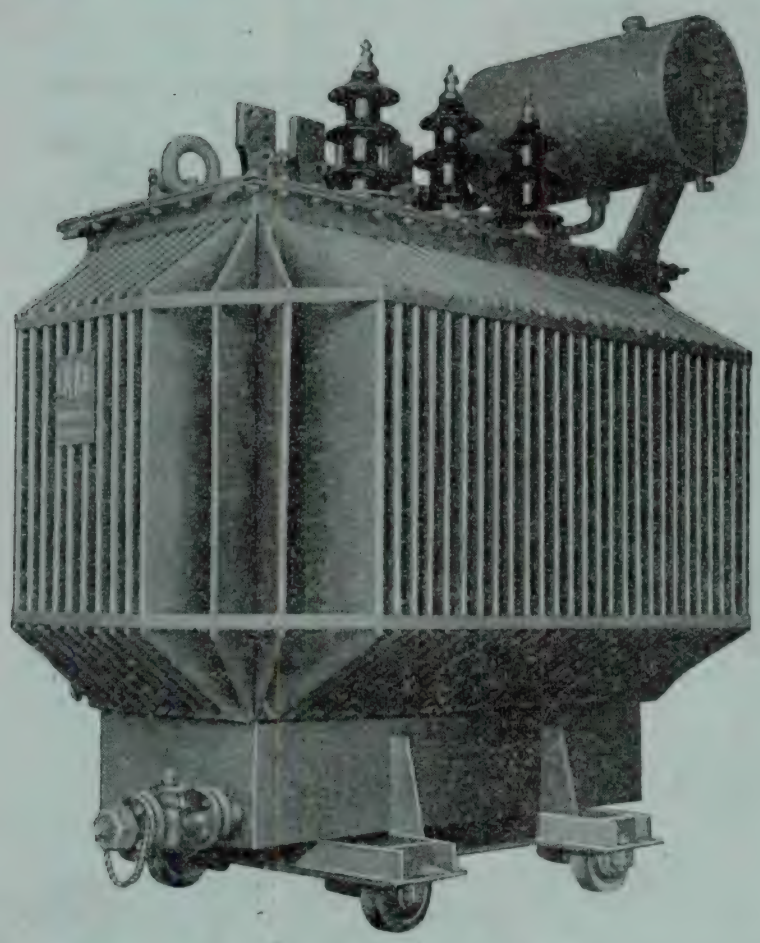
S. A. R. L.

AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

TRANSFORMADORES

ENAE

Licença SIEMENS-SCHUCKERT



Tipo sKOU 753w/20, de 750 kVA, 15.000 ± 2,5 ± 5 % V/400-231/V, ligações Dy 5 construído para a Central da Bouçã, da H. E. Z.

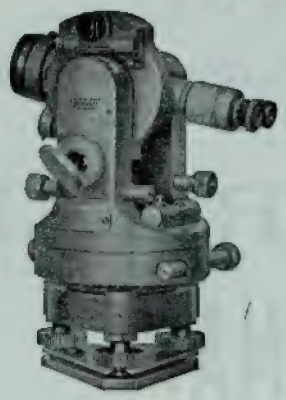
GAMA DE POTENCIAS: 5 a 1000 kVA — TENSÕES ATE 35 KV

Obedecendo às regras VDE 0532 para transformadores

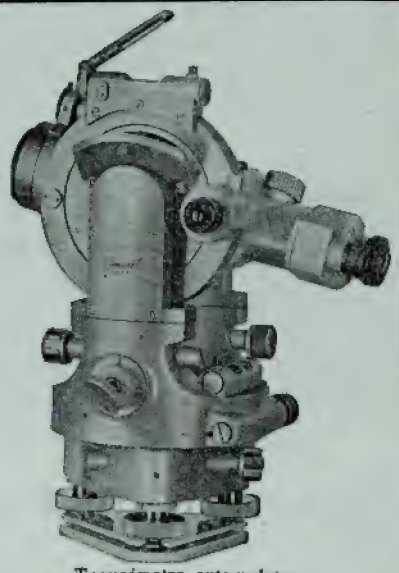
Séries normal e rural, de perdas reduzidas, e especial, de perdas extra reduzidas

MATERIAL Fennel KASSEL TOPOGRÁFICO

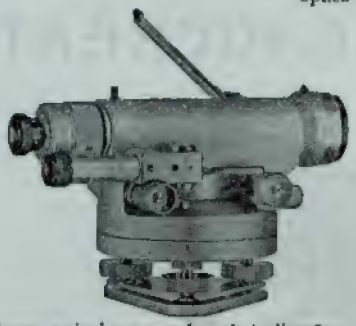
Teodolito de 8 cm, com leitura óptica dos 2 limbos



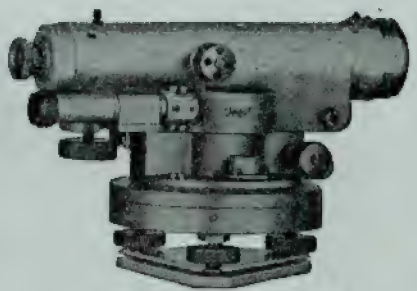
Teodolito de 9 cm, com leitura óptica dos 2 limbos



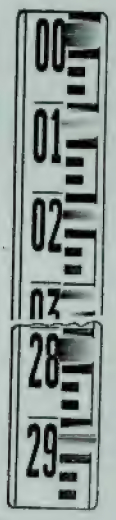
Taqueómetro auto-redutor

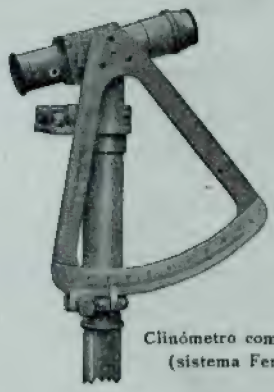


Pequeno nivel com parafuso de inclinação

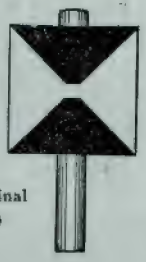


Nivel taquiométrico

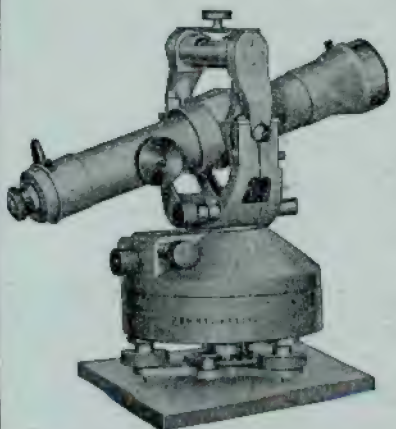




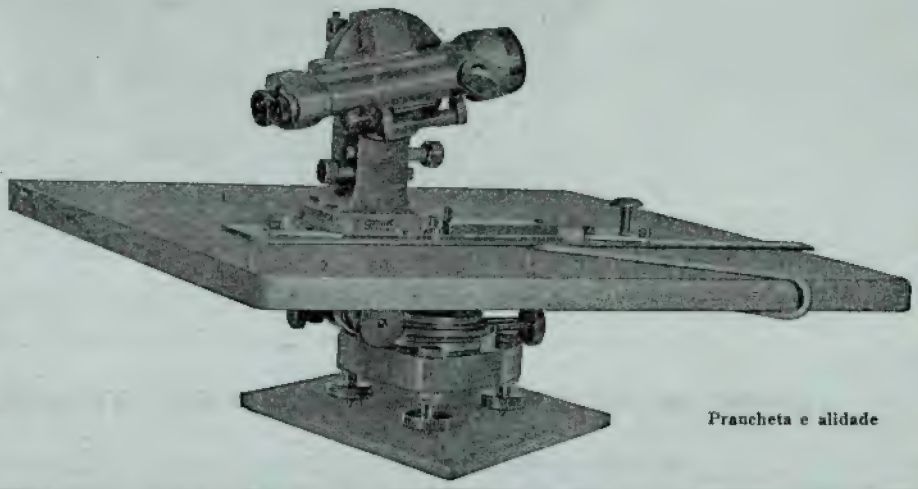
Clinómetro com sinal (sistema Fenel)



Tambor com fita de aço de precisão



Luneta para observação de deslocamento de barragens



Prancheta e alidade

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES

145, R. do Ouro, 149 — LISBOA — Largo do Rato, 13

C. D. U. 624.072.333

O ENCASTRAMENTO PARCIAL NO MÉTODO DE CROSS

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) J. S. BRAZÃO FARINHA

É costume considerar no cálculo de estruturas que estas se ligam ao exterior por encastramento perfeito ou por articulação pura. Na realidade, em geral existe um certo grau de encastramento, em que, não sendo nulo o momento de apoio, também não é nula a rotação deste.

A hipótese de encastramento parcial dado pelos elementos de fundação, considerando a elasticidade do terreno encaixante, foi por nós abordado, dentro do método de Cross em «Cálculo de estruturas atendendo ao grau de encastramento imposto pelas fundações» a publicar num dos próximos números do Boletim da Ordem dos Engenheiros. Vamos aqui considerar o caso do encastramento parcial dado, por exemplo, pela ligação das extremidades duma viga contínua ou de um pórtico a uma parede de alvenaria.

A solução deste problema é bem conhecida no caso de vigas de um só tramo. Poucos autores o têm abordado no caso de vigas contínuas, e, que seja do nosso conhecimento, apenas foi publicado um processo geral que resolve este problema (*).

Em artigo anterior tínhamos tentado um processo indirecto de abordar esta questão pelo método de Cross (**). Pode no entanto o problema ser resolvido directamente, mediante a modificação dos momentos de encastramento perfeito, rigidez e coeficientes de transmissão, vulgarmente utilizados.

Consideremos um elemento AB, de momento de inércia constante, perfeitamente encastrado em ambos os apoios, e sejam

M_A^e, M_B^e — momentos de encastramento perfeito em A e B, correspondentes a quaisquer solicitações exteriores aplicadas ao elemento $\overline{AB}$.

$k = \frac{4\,EI}{l}$, rigidez do elemento AB, isto é, momento que é necessário aplicar numa das extremidades A ou B, supondo a outra perfeitamente encastrada, para a fazer rodar de um ângulo $\varphi = 1$.

$\beta = 0{,}5$, coeficiente de transmissão de A para B.

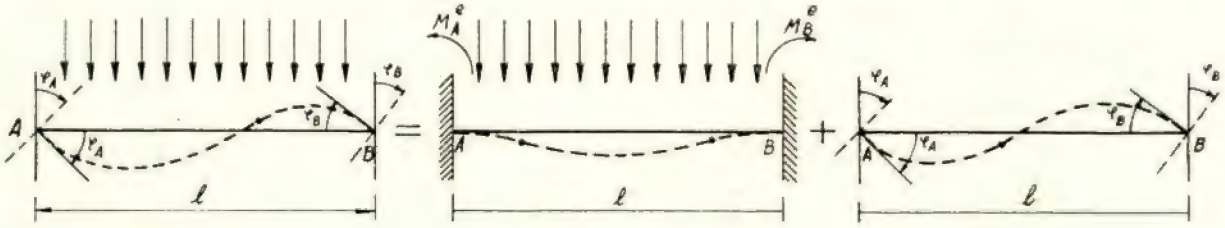


Fig. 1

Para a transformação destes valores, no caso de em B existir um encastramento parcial, podemos partir das conhecidas expressões que nos relacionam os momentos nos apoios de uma viga, que sofre rotações φ_A e φ_B nos seus extremos, considerada como a sobreposição da mesma viga, perfeitamente encastrada nos apoios e identicamente solicitada, e da viga sem cargas, mas com os apoios obrigados àquelas rotações. Teremos, de acordo com a fig. 1,

$$\left.\begin{aligned} M_A &= M_A^e + \frac{2\,EI}{l}\,(2\,\varphi_A + \varphi_B) \\ M_B &= M_B^e - \frac{2\,EI}{l}\,(\varphi_A + 2\,\varphi_B) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

(*) Eng.º J. Araújo Sobreira «O método de relaxação. Sua aplicação aos reticulados contínuos», separata da *Técnica*, Lisboa 1954.

(**) Em «Viga de contínua de dois tramos», *Técnica* n.º 237, Dezembro 1953, tínhamos assemelhado o semi-encastramento a uma consola de momento fixo.

1 — Como é sabido, define-se o *grau de encastramento* n do apoio de um elemento, pela relação

$$n = \frac{M}{M^e} = 1 - \frac{\varphi}{\varphi_a} \quad . \; . \; . \quad (2)$$

sendo M o momento efectivo no apoio considerado M^e o correspondente momento de encastramento perfeito, φ a rotação efectiva nesse apoio e φ_a a rotação do mesmo apoio em iguais condições, mas com rotação livre.

2 — Os *momentos nos apoios* do elemento AB, devidos à aplicação de quaisquer solicitações exteriores, quando perfeitamente encastrado em A ($\varphi_A = 0$) e articulado em B ($M_B = 0$) serão, de (1).

$$M_A = M_A^e + \frac{2\,EI}{l}\,\varphi_{Ba} \qquad M_B^e = \frac{4\,EI}{l}\,\varphi_{Ba}$$

donde

$$\varphi_{Ba} = \frac{M_B^e\, l}{4\,EI}$$

Se em B existir um encastramento parcial de grau n, o ângulo de que roda esse extremo será, de (2)

$$\varphi_B = (1 - n)\,\frac{M_B^e\, l}{4\,E\,I}$$

e portanto

$$\left.\begin{aligned} M_A &= M_A^e + \frac{1-n}{2}\,M_B^e\, l \\ M_B &= n M_B^e \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

No caso de existir em B um encastramento perfeito ($n = 1$) será $M_B = M_B^e$; $M_A = M_A^e$; se o elemento for articulado em B ($n = 0$) virá $M_B = 0$, $M_A = M_A^e + \frac{M_B^e}{2}$.

3 — *A rigidez em A* define-se como o momento que, aplicado na secção A, com o elemento AB descarregado ($M_A^e = M_B^e = 0$), produz uma rotação unitária daquele apoio ($\varphi_A = 1$). De (1) vem, quando B é articulado ($M_B = 0$)

$$M_A = \frac{2\,E\,I}{l}\,(2 + \varphi_{Ba})$$

$$\varphi_{Ba} = -\frac{1}{2}$$

De (2) resulta $\varphi_B = (1 - n)\,\varphi_{Ba}$

e portanto, quando em B existe um encastramento parcial de grau n,

$$M_A = k_A = \frac{2\,E\,I}{l}\left[2 - \frac{(1-n)}{2}\right] = (3 + n)\,\frac{EI}{l} \quad (4)$$

$$M_B = -\,\frac{2\,E\,I}{l}\left[1 - 2\,\frac{(1-n)}{2}\right] = -\,2\,n\,\frac{EI}{l}$$

Se em B existir uma articulação ou um encastramento perfeito, resultam, respectivamente, para $n = 0$ e $n = 1$, as conhecidas expressões $k_A = \frac{3\,E\,I}{l}$ e $k_A = \frac{4\,E\,I}{l}$.

4 — *O coeficiente de transmissão de A para B* será, por definição

$$\beta' = -\,\frac{M_B}{M_A} = \frac{2\,n}{3 + n} \quad . \; . \; . \quad (5)$$

cujos valores são $\beta' = 0$ se $n = 0$ e $\beta' = 0{,}5$ se $n = 1$, como é sabido.

5 — Os *momentos devidos ao deslocamento lateral* deduzem-se de (3) fazendo

$$M_A^e = -\,M_B^e = -\,\frac{6\,E\,I}{l^2}\,\Delta$$

o que corresponde a um assentamento Δ, para baixo, do apoio B, e vem,

$$\left.\begin{aligned} M_A &= -\,\frac{3\,(1+n)\,EI}{l^2}\,\Delta \\ M_B &= \frac{6\,n\,EI}{l^2}\,\Delta \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Estamos, assim, na posse dos elementos necessários à resolução do problema proposto, e passaremos à apresentação de alguns exemplos de aplicação. No que atrás se referiu, seguimos a convenção habitual de sinais. Nas transmissões dos momentos indicados nas figuras referentes aos exemplos que se apresentam, adoptamos a convenção de sinais de Cross.

6 — *Exemplos de aplicação*

a) Calcular os momentos nos apoios da viga contínua indicada na figura 2a) com encastramentos parciais nos apoios A e D de grau $n_A = 1/4$, $n_D = 1/2$ (*).

(*) Exemplo proposto e resolvido pelo Eng.º J. Araújo Sobreira, referência citada.

Teremos, no 1.º vão, para a convenção habitual de sinais

$$M_A^e = -\frac{pl^2}{4 \times 12} = \frac{10.000 \times 3^2}{48} = -1880 \text{ kgm}$$

$$M_B^e = -\frac{pl^2}{12} - \frac{1 - \frac{1}{4}}{2} \frac{pl^2}{12} = -\frac{11}{96} pl^2 =$$

$$= -\frac{11 \times 10.000 \times 3^2}{96} = 10300 \text{ kgm}$$

No 2.º tramo

$$M_B^e = M_C^e = -\frac{pl^2}{12} = -\frac{10.000 \times 4^2}{12} =$$

$$= -13.300 \text{ kgm}$$

Os coeficientes de transmissão são os seguintes:

De B para A $n = \dfrac{2 \times \frac{1}{4}}{3 + \frac{1}{4}} = 0{,}154$; de B para C e de C para B, $n, = 0{,}50$; de C para D,

$$n'' = \frac{2 \times \frac{1}{2}}{3 + \frac{1}{2}} = 0{,}285$$

As rigidez são:

No 1.º tramo, em B $\left(3 + \frac{1}{4}\right) \frac{EI}{3{,}0} = 1{,}08\, EI$; no 2.º tramo, em B e C, $\frac{4EI}{4} = EI$; no 3.º tramo, em C, $\left(3 + \frac{1}{2}\right) \frac{EI}{3{,}5} = EI$

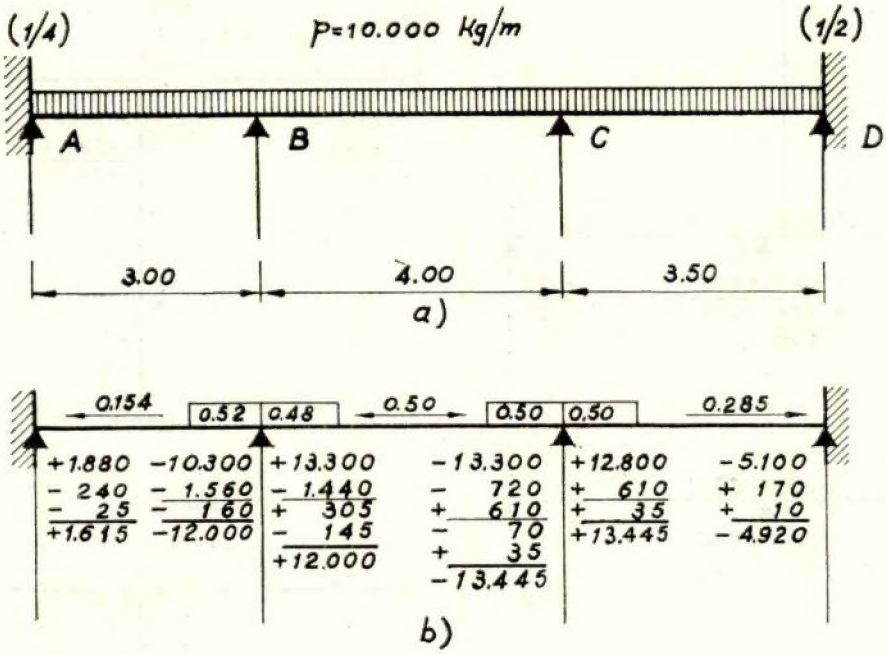


Fig. 2

No 3.º tramo

$$M_C^e = -\frac{pl^2}{12} - \frac{pl^2}{4 \times 12} = -\frac{5\, pl^2}{48} =$$

$$= -\frac{5 \times 10.000 \times 3{,}5^2}{48} = -12800 \text{ kgm}$$

$$M_D^e = -\frac{pl^2}{24} = -\frac{10000 \times 3{,}5^2}{24} = -5100 \text{ kgm}$$

Os coeficientes de distribuição à esquerda e à direita de C e de D serão respectivamente, $\frac{1{,}08}{1 + 1{,}08} = 0{,}52$ e $\frac{1}{2{,}08} = 0{,}48$ em C, e 0,5 em D.

Teremos, finalmente, a distribuição, de momentos indicada na fig. 2 b) em que se adopta a convenção de sinais de Cross

b) Calcular os momentos máximos nos apoios de uma viga contínua de dois vãos $l_1 = 4{,}0$ m

$l_2 = 3{,}0$ m, quando nela actua uma carga permanente $p = 400$ kg/m e uma sobrecarga $s = 600$ kg/m (*). Considera-se a viga sustentada nos apois extremos com um grau de encastramento $n = \frac{1}{3}$.

Os momentos de encastramento perfeito, correspondentes ao 1.º tramo carregado com 600 kg/m são

$$M_A = -\frac{600 \times 4{,}0^2}{36} = -267 \text{ kgm}$$

$$M_B = -\frac{600 \times 4{,}0^2}{12} - \frac{600 \times 4{,}0^2}{36} =$$

$$= -800 - 267 = -1067 \text{ kgm}$$

Com o 2.º tramo carregado,

$$M_C = -\frac{600 \times 3{,}0^2}{36} = -150 \text{ kgm}$$

$$M_D = -\frac{600 \times 3{,}0^2}{3} = -600 \text{ kgm}$$

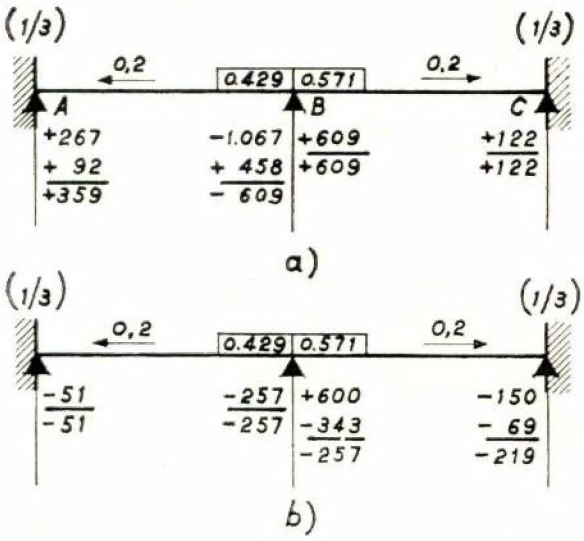


Fig. 3

Os coeficientes de distribuição serão respectivamente, de B para A e para C

$$\frac{3{,}0}{4{,}0 + 3{,}0} = 0{,}429 \qquad \frac{4{,}0}{4{,}0 + 3{,}0} = 0{,}571$$

(*) Exemplo apresentado por Marin Toyos, «Cálculo tabular de vigas contínuas de dois tramos» Revista de Obras Públicas, Maio e Dezembro de 1945.

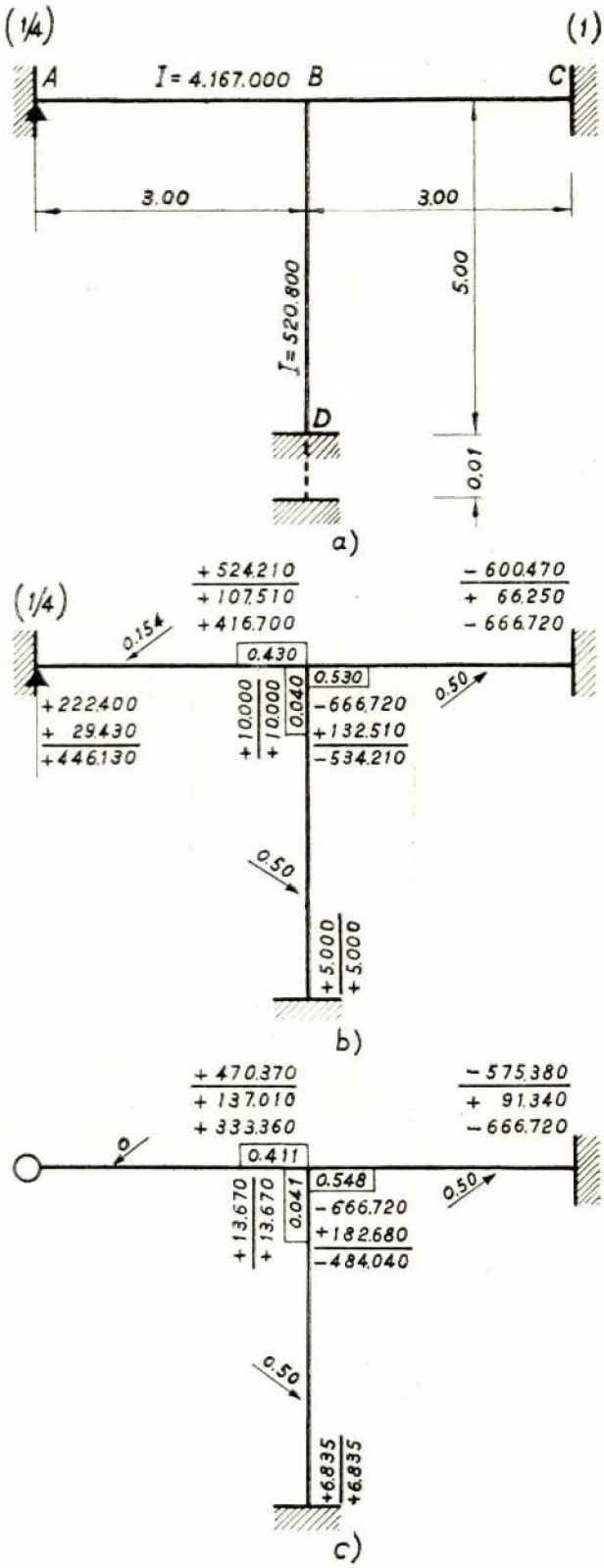


Fig. 4

REPARE são 3 as qualidades básicas da MADEIRITE

RESISTÊNCIA
ECONOMIA
FÁCIL COLOCAÇÃO

MADEIRITE – É um novo produto, fabricado em chapas de grandes dimensões, flexível, incombustível e impermeável.

MADEIRITE – empregada em tabiques ou revestimentos de tectos, presta inapreciáveis serviços no campo da construção, estando também especialmente indicada na fabricação de móveis.

Para mais completa elucidação sobre as incontestáveis qualidades deste novo material, peça o folheto elucidativo à:

LUSALITE

R. S. NICOLAU, 123 – LISBOA
R. SANTO ANTÓNIO, 15-2.º – PORTO
ou aos seus agentes na Província

PENSE • VEJA • EXPERIMENTE E... NÃO HESITE: COMPRE

"MADEIRITE"

HAVAS

TABELAS TÉCNICAS
PARA
ENGENHARIA CIVIL

POR

NUNO ABRANTES

E

A. CELESTINO DA COSTA

Sob a direcção do Prof. Vicente Ferreira

4.ª Edição revista e aumentada

PELOS ENGENHEIROS

Fernando Abecasis e Sidónio Brazão Farinha

PEDIDOS À «TÉCNICA»

Preço: 120$00

Assinantes: 10 % de desconto

AGLOMERADOS DE CORTIÇA

PARA

ISOLAMENTOS

TÉRMICOS — ANTIVIBRÁTICOS

E

ACÚSTICOS

ISOLA

SOCIEDADE COMERCIAL DE ISOLAMENTOS DE CORTIÇA, L.DA

LISBOA

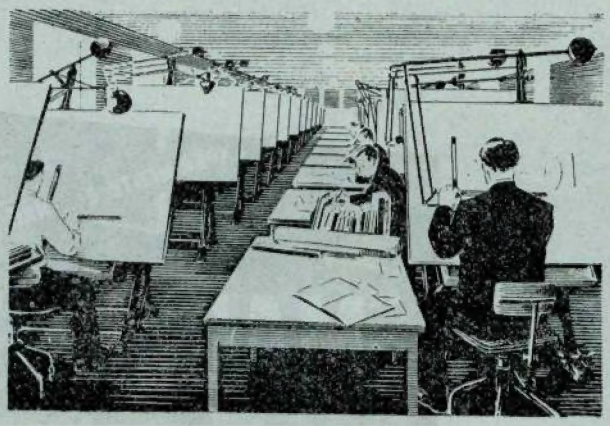
Avenida António Augusto de Aguiar, 17

Telef. 4 9787 — 4 1697 — 4 7824

Serviços técnicos

Anúncio 1

SECÇÃO DE PROPOSTAS



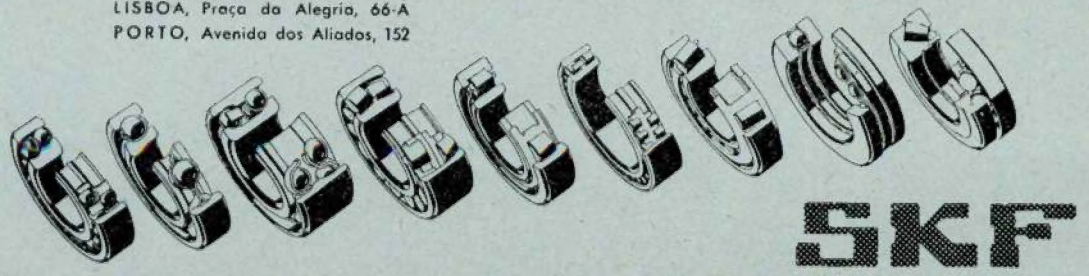
Em todos os estabelecimentos SKF existem técnicos e engenheiros especializados ao dispor de quem os queira consultar sobre tudo quanto diga respeito a rolamentos, bem como a prestarem toda a colaboração na escolha dos mesmos e controlar a sua montagem.

Também, para um maior desenvolvimento do seu serviço técnico, faz a SKF um constante intercâmbio entre os seus estabelecimentos de todo o mundo.

SOCIEDADE SKF LIMITADA

LISBOA, Praça da Alegria, 66-A

PORTO, Avenida dos Aliados, 152



SKF